

النظام المائي
م. بيان محمد الكايد
CITY OF BORDENTOWN
Stream watershed boundary
Watershed
Dam and reservoir
Howe Sound
Groundwater flow
Limit of fresh groundwater
Salty groundwater
BANK ST.
THOMPSON
MCKNIGHT AVE.
COURTLAND
SECOND ST.
THIRD
PARK AVE.
PRINCE
WEST PARK ST.
WEST RAILROAD
MILES
CHURCH
COCANUT HILL ALLEY
PINE ST.
BROOKS AVE.
ANDERSON ST.
W. CHESTNUT ST.
CEMETERY LANE
PARK STREET
LUCAS DRIVE
WARD AVENUE
ARDMORE DR.
RATICA AVE.
AMBOY ROAD
STANTON


الراية
دار الراية للنشر والتوزيع
DAR AL RAYA For Publication & Distribution
عمان - الأردن
TEL.: 00962 6 5338656
E mail: dar_alraya@yahoo.com


الراية
دار الراية للنشر والتوزيع
DAR AL RAYA For Publication & Distribution
عمان - الاردن
TEL.: 00962 6 5338656
E mail: dar_alraya@yahoo.com


النظـام المائـي

النظام المائي

المصادر- المقاييس- المعالجة

م . بيان محمد الكايد
ماجستير علوم البيئة وادارتها
الجامعة الاردنية

الطبعة الاولى
2013



المملكة الأردنية الهاشمية -1
رقم الإيداع لدى دائرة
المكتبة الوطنية(2012/10/3819)

بيان الكايد 551.48

النظام المائي المصادر- المقاييس-المعالجة
- عمان: دار الراية للنشر والتوزيع ، 2013
(314)ص.
ر.أ. : 2012/10/3819
ردمك: ISBN 978-9957-544-76-8
الواصفات: //معالجة المياه//المياه/

* إعدادات دائرة المكتبة الوطنية بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية



الأردن-عمان
شارع الجمعية العلمية الملكية - المبنى الإستثماري الأول للجامعة الأردنية
هاتف: 5338656 فاكس:96265348656+
ص.ب: 2547 الجبيهة- الرمز البريدي 11941 عمان- الأردن
Email:dar_alraya@yahoo.com

الفهرس

الفصل الثالث: إدارة مصادر المياه

الفصل الرابع: المصادر غير التقليدية للمياه

المقدمة

للماء دور مهم في حياة الإنسان، الحيوان والنبات وبدون الماء لا تكون حياة على سطح الكرة الأرضية. الماء هو المادة الأكثر وجودًا في جميع الأجسام الحية، حيث يتواجد في الخلية بنسبة 50-60٪ من وزن الخلية، ويوجد بنسبة 70٪ من وزن الإنسان والخضراوات ويشكل 90٪ من وزن الفواكه. تأتي أهمية الماء للإنسان بعد الأكسجين مباشرةً، فالإنسان يحتاج إلى بضعة لترات منه كل يوم. لماذا الماء ضروري للحيوان والنبات؟ لأنه يشكل بيئة حياتية للقيام بتفاعلات بيولوجية داخل الخلايا.

إن كل الكائنات الحية تحتاج إلى الماء للقيام بعمليات الحياة المختلفة، وهذه الكائنات بحاجة إلى مياه عذبة. 97.5 ٪ من المياه الموجودة بالكرة الأرضية هي مياه مالحة وأغلبها موجود في المحيطات ولذلك لا نستطيع استعمالها. فقط 2.5٪ من المياه هي عذبة وأغلبها موجود بكتل ثلجية أو بالهواء كبخار ماء أو بالمياه الجوفية العميقة، ولهذا هي غير متوفرة للاستعمال. فقط 0.75٪ من المياه العذبة ممكن استعمالها.

تعد المياه وتوفيرها هاجس الكثير من الباحثين والمحللين والمخططين في جميع أنحاء العالم. ورغم أهمية العمل على توفير الكميات اللازمة من المياه للاستعمالات المدنية والصناعية والزراعية إلا أن نوعية المياه بدأت تأخذ اهتمامًا متزايدًا نتيجة للتدهور الملحوظ على نوعية المياه بسبب التلوث بجميع أشكاله. ولا شك أن تنقية المياه لتصبح صالحة للشرب أو حتى للزراعة يضيف عبئًا اقتصاديًا متناميًا. ورغم أن هذه المشاكل تواجه العديد من دول العالم إلا أن المشكلة تتفاقم في الدول النامية وذلك لعدم وجود الخبرة رغم توفر التقنية وعدم وجود الدعم المادي لمعالجة مثل هذه المشاكل. ويتوقع بعض الباحثين أن مستقبل المياه في الكثير من دول العالم سيواجه العديد من المصاعب بسبب القيود السياسية والاقتصادية والبيئية، إلا أن

ذلك سيفتح الباب على مصراعيه لاكتشاف وتطوير تقنيات حديثة واقتصادية تساعد على ترشيد المياه وتعمل على توفير المياه بالنوعية المناسبة. كما سيؤدي الشح في الموارد المائية إلى الاهتمام بل والتركيز على الإدارة المثلى لمشاريع المياه للأغراض المدنية والصناعية والزراعية.

هذا الكتاب يناقش واقع المياه في الوطن العربي من حيث مصادر الطبيعية التقليدية والتحديات التي تواجه قطاع المياه، وأيضاً يناقش أهمية إدارة مصادر المياه ودورها في المساعدة على استمرارية توفر مصادر نظيفة لمياه الشرب، وأيضاً خلق مصادر غيبر تقليدية للمياه كمعالجة المياه العادمة وتحلية المياه. الفصل الأول يتحدث عن المفاهيم الأساسية للبيئة مفهومها ومكوناتها والنظام البئي والتنمية المستدامة وأيضاً الإدارة البيئية والتلوث البيئي، الفصل الثاني يتحدث عن المياه كمورد من موارد البيئة، الفصل الثالث يناقش إدراة مصادر المياه ودورها في المحافظة على المياه الأجيال القادمة. الفصل الرابع يتحدث عن مصادر المياه غير التقليدية وكيفية الاستفادة منها والتحديات التي تواجهها.

الفصل الأول
مفهوم البيئة وإدارتها

تعريف البيئة

البيئة لغة: تأتي بمعنى المكان والمنزل والحال. يقال:أباء فلاناً منزلاً: هيأه له وأنزله به. ويقال: بيئة طبيعية وبيئة اجتماعية وبيئة سياسية. ويتضح من هذه المعاني أن البيئة هي في الأصل منزل الإنسان، وقد تضاف إلى مفردات أخرى لتوضيح المعنى بشكل أدق، فيقال بيئة طبيعية للتعبير عن البيئة السليمة التي يعيش فيها الإنسان، ويقال بيئة سياسية للتعبير عن الوسط السياسي الذي يعيش فيه الإنسان، ويقال بيئة اجتماعية للتعبير عن العادات والتقاليد التي يفعلها الإنسان الذي يعيش في وسطه الاجتماعي.

وهناك من عرفها بشكل موسع فقال:" الوسط المحيط بالإنسان، والذي يشمل كافة الجوانب المادية وغير المادية، البشرية منها وغير البشرية. فالبيئة تعني كل ما هو خارج عن كيان الإنسان، وكل ما يحيط به من موجودات، فالهواء الذي يتنفسه الإنسان، والماء الذي يشربه، والأرض التي يسكن عليها ويزرعها، وما يحيط به من كائنات حية أو من جماد هي عناصر البيئة التي يعيش عليها، والتي تعتبر الإطار الذي يمارس فيه حياته ونشاطاته المختلفة ".[1]

اجتمع ممثلون من 113 دولة في ستوكهولم في حزيران/ يونيه 1972 في مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة البشرية. وقد مثل مؤتمر ستوكهولم أول محاولة من جانب المجتمع الدولي لمعالجة العلاقات ما بين البيئة والتنمية على الصعيد العالمي. وقد نجح المؤتمر في وضع البيئة على جدول الأعمال العالمي، باعتماده لخطة عمل ستوكهولم، وهي أول خطة عمل عالمية بشأن البيئة، وقد وفرت أساساً لجدول أعمال معياري وإطارا للسياسات المشتركة لمعالجة الجيل الأول من الأعمال البيئية. وقد تم اعتماد إعلان مبادئ وفر أساسا لتطور القانون البيئي الدولي خلال

---

[1] الرفاعي، حسن محمد، البعد البيئي: كسبب للفقر وعلاج، معهد العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، 1431هـ / 2010،

السبعينيات والثمانينيات. وكان من النتائج الهامة للمؤتمر ما تم فيما بعد من إنشاء برنامج الأمم المتحدة للبيئة. وبدأ البحث عن مفهوم جديد للتنمية أكثر تنوعاً يتعلق بحدود قاعدة الموارد الطبيعية وتقوم الاعتبارات البيئية فيه بدور مركزي بينما يسمح مع ذلك بفرص للأنشطة البشرية. وأوجد المؤتمر قوة دفع هامة في البلدان وفيما بين الأمم المتحدة والمنظمات الأخرى بالنسبة للاعتراف بالمشاكل البيئية البازغة والتصدي لها.[2]

وكان المؤتمر الدولي للبيئة في ستوكهلم قد أقر " أن البيئة هي مجموعة من النظم الطبيعية والاجتماعية والثقافية، التي يعيش فيها الإنسان و الكائنات الأخرى، والتي يستمدون منها زادهم ويؤدون فيها نشاطهم"، كما تعرف أيضاً أنها "نظام ديناميكي يتكون من عناصر طبيعية وعناصر بشرية دائمة التفاعل المتبادل في إطار زماني، مكاني، ثقافي معين".[3]

مكونات البيئة وتقسيماتها

تمثل البيئة، بإطارها الشامل، نظاماً كبير الحجم، كثير التعقيد، ترتبط مكوناته بتأثيرات عكسية، تأخذ صورة لولب من التفاعلات الإرتدادية،التي تشكل في مجموعها وحدة متكاملة تتميز بالاستمرار والاتزان.

يؤكد المختصون بأنه ليس هناك من اختلاف كبير بين الباحثين فيما يتعلق بمكونات البيئة من حيث المضمون وإن اختلفت المفردات، أو أختلف عدد هذه المكونات ومن خلال هذا المفهوم الشامل الواسع للبيئة يمكن تقسيم البيئة التي يعيش فيها الإنسان مؤثراً ومتأثراً إلى قسمين مميزين هما:[4]

---

[2] تقرير المدير التنفيذي، حسن الإدارة البيئية الدولية، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2001، ص8

[3] الرفاعي، حسن محمد، البعد البيئي: كسبب للفقر وعلاج، معهد العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، 1431هـ /2010.

[4] أ.د. راتب السعود، الإنسان والبيئة (دراسة في التربية البيئية)، دار الحامد، عمان، 2004

1. البيئة الطبيعية Natural Environment

ويقصد بها كل ما يحيط بالإنسان من ظواهر حية وغير حية، وليس للإنسان أي أثر في وجودها. وتتمثل هذه الظواهر أو المعطيات البيئية في البنية والتضاريس والمناخ والتربة والنباتات والحيوانات. ولاشك أن البيئة الطبيعية هذه تختلف من منطقة إلى أخرى تبعاً لنوعية المعطيات المكونة لها.

2. البيئة البشرية Human Environment

ويقصد بها الإنسان وإنجازاته التي أوجدها داخل بيئته الطبيعية، بحيث أصبحت هذه المعطيات البشرية المتباينة مجالاً لتقسيم البيئة البشرية إلى أنماط وأنواع مختلفة. فالإنسان من حيث هو ظاهرة بشرية يتفاوت مع بيئة لأخرى من حيث عدده وكثافته وسلالته ودرجة تحضره وتفوقه العلمي مما يؤدي إلى تباين البيئات البشرية. ويميل بعض الباحثين إلى تقسيم البيئة البشرية إلى نوعين مختلفين:

- البيئة الاجتماعية Social Environment

تتكون من البنية الأساسية المادية التي شيدها الإنسان، ومن النظم الاجتماعية والمؤسسات التي أقامها. بعبارة أشمل، المقصود بالبيئة الاجتماعية ذلك الجزء من البيئة البشرية الذي يتكون من الأفراد والجماعات في تفاعلهم، وكذلك التوقعات الاجتماعية، وأنماط التنظيم الاجتماعي، وجميع مظاهر المجتمع الأخرى. وبوجه عام تتضمن البيئة الاجتماعية أنماط العلاقات الاجتماعية القائمة بين الأفراد والجماعات التي ينقسم إليها المجتمع، تلك الأنماط التي تؤلف النظم الاجتماعية والجماعات في المجتمعات المختلفة.

- البيئة الثقافية Cultural Environment

ويعنى بها الوسط الذي خلقه الإنسان لنفسه بما فيه من منتجات مادية

وغير مادية، وفي محاولته الدائمة للسيطرة على بيئته الطبيعية، وخلق الظروف الملائمة لوجوده واستمراره فيها. وهذه البيئة التي صنعها الإنسان لنفسه، وينقلها كل جيل عن الآخر، ويطور فيها، ويعدل ويبدل، تسمى البيئة الثقافية للإنسان، وهي خاصة بالإنسان وحده. وعليه، فإن البيئة الثقافية تتضمن الأنماط الظاهرة والباطنة للسلوك المكتسب عن طريق الرموز، الذي يتكون في مجتمع معين من علوم ومعتقدات وفنون وقوانين وعادات وغير ذلك.[5]

وهناك تصنيف آخر لمكونات البيئة لا يختلف كثيراً عن التصنيف الأول، ويرى أن للبيئة شقين: طبيعي، ومشيد.

1. البيئة الطبيعية Natural Environment

وتتألف من الأرض وما عليها، وما حولها من الماء والهواء، وما ينمو عليها من النباتات وضروب الحيوان وغيرها نمواً ووجوداً طبيعياً سابقاً على تدخل الإنسان وتأثيره، والمقصود، وغير المقصود، في البيئة. كما يقع ضمن نطاق البيئة الطبيعية التربة والمعادن ومصادر الطاقة والأحياء (بما فيها الإنسان) بكافة صورها، وهذه جميعاً تمثل الموارد التي أتاحها الله للإنسان ليحصل منها على مقومات حياته.

2. البيئة المشيدة Man-made Environment

البيئة المشيدة هي البنية الأساسية المادية التي شيدها الإنسان. وهي تتألف من المكونات التي أنشأها ساكني البيئة الطبيعية (الناس)، وتشمل كل المباني والتجهيزات والمزارع والمشاريع الصناعية والطرق والمواصلات والمطارات والموانئ، إضافة إلى مختلف أشكال النظم الإجتماعية من

---

[5] مصطفى عبد العزيز، الإنسان والبيئة،القاهرة، المطبعة الحديثة، 1978.

عادات وتقاليد وأعراف وأنماط سلوكية وثقافية ومعتقدات تنظم العلاقة بين الناس.

ويرى آخرون في صورة ثالثة، أن للبيئة 3 مكونات:

1. المحيط الحيوي Biosphere

والذي يمثل بيئة الحياة الأصلية أو الفطرية.

2. المحيط المصنوع أو التكنولوجي Technosphere

ويتألف من كافة ما أنشأه الإنسان في البيئة الطبيعية باستخدام مكوناتها سواء المستوطنات البشرية والمراكز الصناعية والطرق والمواصلات والمشاريع الزراعية والآلات وغير ذلك.

3. المحيط الإجتماعي Social Environment

ويقصد به المنظومة التي تدير في إطارها الجماعة البشرية شؤون حياتها الإجتماعية والإقتصادية والسياسية والثقافية. وهذه المنظومات الثلاثة تتفاعل في ما بينها مؤثرة ومتأثرة.[6]

وهناك صورة رابعة ترى أن للبيئة 4 مكونات هي[7]:

1. الطبيعية Natural

وتمثل الأرض وما عليها من ماء وما حولها من هواء وما ينمو عليها من نبات وما تحتضنه من حيوانات، وجدت بشكل طبيعي. وتمثل الطبيعة والموارد المتاحة للإنسان للحصول على حاجاته الأساسية من غذاء وكساء ودواء ومأوى ومواد مختلفة.

2. السكان Population

وهم مجموع الأفراد القاطنين على الأرض في عصر ما. والسكان هم

---

[6] محمد عبد الفتاح القصاص، قضايا البيئة المعاصرة، العلوم الحديثة، العدد 1، السنة 16، 1983،ص9– 26.

[7] إبراهيم خليفة، المجتمع صانع التلوث، قضايا بيئية، العدد 12، الكويت، جمعية حماية البيئة الكويتية، 1983.

المكون المؤثر والمغير في المكان الطبيعي للبيئة من أجل حياة مريحة تليق بكرامة الحياة البشرية.

3. التنظيم الاجتماعي Social Order

ويقصد به الأنشطة التي يمارسها السكان في علاقتهم مع الوسط المحيط بهم، والذي يحتوي أوجه حياتهم ومعيشتهم، بكل ما فيها من نظم وتنظيمات للعلاقات وإشباع للحاجات ومعايشة المشكلات.

4. التكنولوجيا Technology

ويقصد بها مختلف أنواع التقنيات التي استحدثها الإنسان، والتي مكنته من استثمار موارد البيئة لتلبية حاجاته وتطلعاته.

وكما هو الحال في الصور الثلاثة السابقة لمكونات البيئة، فإن هذه المكونات الأربعة، في هذه الصورة الرابعة: الطبيعة، والسكان، والتنظيم الاجتماعي، والتكنولوجيا، تتفاعل فيما بينها مؤثرة ومتأثرة. وقد يكون هذا التفاعل إيجابياً ينعكس بفوائد جمة على البيئة، وقد يكون سلباً يؤثر على البيئة ويضر بها، بما ينتج عنه مشكلات تتفاوت أهميتها وتأثيرها من المستوى الهين البسيط إلى المستوى المعقد والمدمر أحياناً[8].

النظام البيئي

هناك علاقة وثيقة بين العناصر الطبيعية والحياتية الموجودة حول وداخل سطح الكرة الأرضية ومكوناتها المختلفة، تبرز من خلال علاقات وارتباطات وظيفية معقدة ترتبط جميعها بما يسمى بالنظام البيئي. فالنظام البيئي يعرف على أنه التفاعل المنظم والمستمر بين عناصر البيئة الحية وغير الحية، وما يولده هذا التفاعل من توازن بين عناصر البيئة.

[8] د. المقدادي، أساسيات علم البيئة، الأكاديمية العربية المفتوحة في الدنمارك،2006، ص25

مجموعات النظام البيئي تشمل على:

1. مجموعة العناصر الطبيعية غير الحية Abiotic

تشمل كل العناصر البيئية غير الحية مثل الماء والهواء بما فيها من غازات الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون وضوء الشمس وحرارتها وبعض العناصر المعدنية الموجودة في التربة وبعض الأجزاء المتحللة من أجسام النباتات والحيوانات الميتة.

2. مجموعة المنتجين Producers

تشمل النباتات الخضراء بكافة أنواعها وهذه النباتات قادرة على إنتاج غذائها بنفسها فهي تمتص غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء وتمتص الماء والعناصر الغذائية من التربة عن طريق جذورها وتصنع منها في وجود الكلورفيل وتحت تأثير أشعة الشمس جميع أنواع المركبات العضوية التي تحتاجها مثل المواد الكربوهيدراتية والبروتينات.

3. مجموعة المستهلكين Consumers

تشمل الحيوانات بأنواعها المختلفة التي لا تستطيع إعداد غذائها لنفسها إلا أنها تعتمد على غيرها في إعداد الغذاء. كما تتضمن هذه المجموعات الإنسان.

4. مجموعة المحللات Decomposers

تتضمن كلاً من البكتيريا والفطريات التي تشترك فى تحليل أجسام النباتات والحيوانات الميتة إلى عناصرها الأولى. ومن ثم تعمل عناصر التحلل على إعادة العناصر التي استهلكتها المجموعة الثانية إلى البيئة لتستفيد منها مجموعة المنتجين في تكوين الغذاء مرة ثانية وبذلك تتكرر هذه الدورة.[9]

[9] نبيل قنديل، البيئة والتنمية المستدامة، مركز البحوث الزراعية، ص2

موارد البيئة الطبيعية وأصنافها

تُعرف موارد البيئة الطبيعية Environmental Resources بأنها كل ما تؤمنه الطبيعة من مخزونات طبيعية يستلزمها بقاء الإنسان أو يستخدمها لبناء حضارته.

تتراجع الموارد الطبيعية نتيجة الاستغلال المفرط والإهمال.

تحتوي البيئة الطبيعية ضمن مكوناتها الرئيسية الثلاثة والتي تعرف بالغلاف اليابس والمائي والجوي على مجموعة من الموارد الطبيعية الضرورية للإنسان والكائنات الحية الأخرى وكذلك النظام البيئي. والموارد البيئية الطبيعية هي موارد لادخل للإنسان في وجودها ونظراً لأهميتها الحيوية واعتماد الإنسان عليها من هنا فهو يؤثر فيها ويتأثر بها أيضاً. لقد صنف الباحثون البيئيون الموارد البيئية الطبيعية إلى ثلاثة أصناف تندرج في كل واحد منها عدد من الموارد وهي:

- مجموعة الموارد غير الحية

تتضمن الماء والهواء وطاقة الشمس الحراريةوالضوئية والمعادن والمعادن المشعة ومصادر الطاقة مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي.

- مجموعة الموارد الحية

تتضمن كلاً من النباتات الطبيعية من غابات وحشائش ونباتات صحراوية، والحيوانات البرية سواء آكلة العشب (مثل الغزال والزرافة غيرها) أو آكلة اللحوم (مثل الأسود والذئاب وغيرها). كما تتضمن هذه المجموعة الأحياء المائية (النباتية والحيوانية) مثل الطحالب والأسماك والمحار وغيرها.

تنقسم الموارد الطبيعية إلى:

- موارد غير متجددة: تتضمن الموارد الموجودة في البيئة على هيئة رصيد ثابت وما يؤخذ منه لا يعوض. ومن ثمّ فهي موارد معرضة لخطر النضوب والنفاذ. مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي والمعادن المشعة.

- موارد متجددة: تتضمن الموارد التي تتجدد ذاتياً مجموعة من مختلف مصادر الطاقة، فمن أمثلتها المصادر النباتية والحيوانية. وهي موارد لا تتعرض للنُضوب إذا ما استغلها الإنسان بإسلوب معتدل راشد بعيداً عن الإسراف.

لقد صنف الباحثون البيئيون الموارد البيئية الطبيعية إلى ثلاثة أصناف تندرج في كل واحد منها عدد من الموارد وهي: الموارد الطبيعية الدائمة، والموارد البيئية المتجددة، والموارد البيئية غيرالمتجدده. إن الموارد الطبيعية الدائمة هي الموارد التي تظل متوفرة في الطبيعة مهما استهلك منها ومن أمثلة هذا النوع من الموارد الماء. أما الموارد الطبيعية المتجددة فهي الموارد التي تظل في الطبيعة نظراً لقدرتها على الاستمرارية والتجدد مالم يتسبب الإنسان وغيره في انقراضها وتدميرها ومن أمثلة هذا النوع من الموارد النباتات. أما الموارد الطبيعية غير المتجددة فهي الموارد الطبيعية المحدودة في الطبيعة وهي التي تنتهي من البيئة لعدم قدرتها على التجدد ولأن معدل استهلاكها يكون أكثر من معدل إنتاجها والعكس صحيح ومن الأمثلة على هذه الموارد مصادر الطاقة من الوقود الأحفوري النفط والغاز والفحم. إن الموارد الطبيعية متواجدة في كل مناطق البيئة على كوكبنا فهي متواجدة في البلدان المتقدمة والنامية وإن اختلفت أنواعها أو قلت نسبتها أو كثرت من بلد لآخر، وفي نفس الوقت فإن المشاكل البيئية الناجمة عن النشاطات البشرية والحيوية تظهر أيضاً في البلدان المتقدمة والنامية لهذا يجب على الإنسان في مختلف بقاع الأرض أن يحسن التصرف والتعامل مع الموارد البيئية الطبيعية من حيث استهلاكها واستخدامها وتوفير الظروف اللازمة لاستمرارها باعتبار الخارجون عن القانون عناصر حيوية وضرورية لبقائه[10].

---

[10] من الانترنت

التوازن البيئي

التوازن البيئي معناه "وجود روابط ديناميكية متداخلة بين الكائنات الحية وبيئتها وينتج عنها دورات طبيعية بين الكائنات الحية تحافظ على التوازن بينها"، بعبارة أخرى يقصد بالتوازن البيئى "ميل النظام البيئي إلى الاستقرار أو قدرته على العودة إلى الوضع الأول بعد أي تغيير يطرأ عليه دون حدوث تغيير أساسي في مكوناته"، أي قدرة البيئة الطبيعية على إعالة الحياة على سطح الأرض دون مشكلات أو مخاطر تمس الحياة البشرية.

و لعل التوازن البيئي على سطح الكرة الأرضية ما هو إلا جزء من التوازن الدقيق في نظام الكون، وهذا يعني أن عناصر أو معطيات البيئة تحافظ علي وجودها ونسبها المحددة كما أوجدها الله، ولكن الإنسان بلغ في تأثيره على بيئته مراحل تنذر بالخطر، إذ تجاوز في بعض الأحوال قدرة النظم البيئية الطبيعية على احتمال هذه التغيرات، وإحداث اختلالات بيئية تكاد تهدد حياة الإنسان وبقائه على سطح الأرض.

فعناصر البيئة، الحية منها وغير الحية، تتفاعل وترتبط ببعضها في تناسق دقيق، يتيح لها أداء دورها بشكل متوازن ومتكامل، بحيث تحافظ على وجودها دون أن تتسبَّب في خلخلة منظومة الحياة، وتهدِّد سائر الأحياء.

يعتمد التوازن البيئي على المبدأ الأساسي القائل بأن المصادر الطبيعية مثل التربة والماء والمعادن والطاقة والنباتات والكائنات الحية والهواء هي عناصر رئيسية للحفاظ على "النظام البيئي" وتطويره لأي منطقة، وتفهم العمليات التي تحدث في الطبيعة ويكون فيها التفاعل بين الأنظمة الفيزيائية والكيميائية والحيوية كأساس لرسم خريطة بيئية صحيحة.

ومن هذا المنظور فإن النظام البيئي قادر على تقديم خدمات للإنسان، وإيجاد التخطيط الصحيح لتحويل هذه المصادر إلى خدمات محددة مستدامة للإنسان،

سواء مباشرة كما في الزراعة والرعي والتعدين واستخراج الماء، أو غير مباشرة كما في الاستخدامات التحويلية.

و من خلال هذا المبدأ وذلك التفهم وهذا المنظور، يكون بالإمكان التعامل بشكل صحيح مع الظواهر والأخطار التي تؤثر على البيئة التي يعيش فيها الإنسان، كالفيضانات والسيول والعواصف والزلازل والبراكين، وكذلك الأخطار الناجمة عن أنشطة الإنسان في البيئة مثل التلوث البيئي ونقص مخزون المياه الجوفية والتحويل العشوائي لمجاري الأودية.

إن التفاعل بين مكونات البيئة عملية مستمرة تؤدي في النهاية الى احتفاظ البيئة بتوازنها ما لم ينشأ اختلال نتيجة لتغير بعض الظروف الطبيعية كالحرارة والأمطار أو نتيجة لتغير الظروف الحيوية أو نتيجة لتدخل الإنسان المباشر في تغير ظروف البيئة.

فالتغير في الظروف الطبيعية يؤدي إلى اختفاء بعض الكائنات الحية وظهور كائنات أخرى، مما يؤدي إلى اختلال في التوازن والذي يأخذ فترة زمنية قد تطول أو تقصر حتى يحدث توازن جديد.

وأكبر دليل على ذلك هو اختفاء الزواحف الضخمة نتيجة لاختلاف الظروف الطبيعية للبيئة في العصور الوسطى مما أدى إلى انقراضها فاختلت البيئة ثم عادت إلى حالة التوازن في إطار الظروف الجديدة بعد ذلك، كذلك فإن محاولات نقل كائنات حية من مكان إلى آخر والقضاء على بعض الأحياء يؤدي إلى اختلال في التوازن البيئي.

غير أن تدخل الإنسان المباشر في البيئة يعتبر السبب الرئيسي في اختلال التوازن البيئي، فتغير المعالم الطبيعية من تجفيف للبحيرات وبناء السدود واقتلاع الغابات وردم المستنقعات واستخراج المعادن ومصادر الاحتراق وفضلات الإنسان السائلة والصلبة والغازية، هذا بالإضافة الى إستخدام المبيدات والأسمدة، كلها تؤدي إلى

إخلال بالتوازن البيئي، حيث أن هناك الكثير من الأوساط البيئية تهددها أخطار جسيمة تنذر بتدمير الحياة بأشكالها المختلفة على سطح الأرض، فالغلاف الغازي لا سيما في المدن والمناطق الصناعية تتعرض إلى تلوث شديد، ونسمع بين فترة وأخرى عن تكون السحب السوداء والصفراء السامة والتي كانت السبب الرئيسي في موت العديد من الكائنات الحية وخصوصاً الإنسان.

أضف إلى ذلك ما يتعرض إليه الغلاف المائي من تلوث من خلال استنزاف الثروات المعدنية والغذائية هذا بالإضافة إلى إلقاء الفضلات الصناعية والمياه العادمة ودفن النفايات الخطرة، أما اليابسة فحدث ولا حرج، فإلقاء النفايات والمياه العادمة وإقتلاع الغابات وتدمير الجبال وفتح الشوارع وازدياد أعداد وسائط النقل وغيرها الكثير أدى إلى تدهور في خصوبة التربة وانتشار الأمراض والأوبئة خصوصاً المزمنة والتي تحدث بعد فترة زمنية من التعرض لها.

وبالرغم من تقدم الإنسان العلمي والتكنولوجي والذي كان من المفروض أن يستفيد منه لتحسين نوعية حياته والمحافظة على بيئته الطبيعية، فإنه أصبح ضحية لهذا التقدم التكنولوجي الذي أضر بالبيئة الطبيعية وجعلها في كثير من الأحيان غير ملائمة لحياته وذلك بسبب تجاهله للقوانين الطبيعية المنظمة للحياة، وعليه فإن المحافظة على البيئة وسلامة النظم البيئية وتوازنها أصبح اليوم يشكل الشغل الشاغل للإنسان المعاصر من أجل المحافظة على سلامة الجنس البشري من الفناء.

من أهم الأسباب التي أدت إلى تفاقم المشكلات البيئية في العالم ما يلي:

1. الزيادة الهائلة في عدد السكان خاصة في الدول النامية وزيادة الفجوة الغذائية.
2. استنزاف مصادر الثروة الطبيعية من قبل الدول الصناعية مع بداية الاستعمار.
3. التقدم الصناعي وإنتاج مواد عديدة وغريبة عن البيئة لا تتحلل بسهولة.

4. اتباع أساليب الزراعة المكثفة والتوسع في استعمال الأسمدة الكيميائية والمبيدات.
5. قلة أو عدم معالجة المخلفات الناتجة عن نشاطات الإنسان المختلفة.
6. حوادث نقل المواد السامة مثل تدفق البترول في البحار والمحيطات بسبب حوادث ناقلات النفط.
7. النقص في التخطيط أو سيادة التخطيط العشوائي بشكل عام.[11]

التنمية المستدامة

ورد مفهوم التنمية المستدامة أول مرة في تقرير اللجنة العالمية للبيئة والتنمية عام1987حيث عرفت التنمية المستدامة في هذا التقرير بأنها :"تلك التنمية التي تلبي حاجات الحاضر، دون المساومة على قدرة الأجيال المقبلة في تلبية حاجياتهم."[12]
وعرفها وليم رولكز هاوس مدير حماية البيئة الأمريكية، بأنها تلك العملية التي تقر بضرورة تحقيق نمو بضرورة تحقيق نمو اقتصادي يتلاءم والقدرات البيئة، وذلك من منطلق أن التنمية الاقتصادية، والمحافظة على البيئة، هي عمليات متكاملة وليست متناقضة.[13]

وبناء عليه، يمكننا القول :إن استخدام الموارد الطبيعية بطريقة عقلانية، بحيث لا يتجاوز هذا الاستخدام للموارد معدلات تجددها في الطبيعة، ولاسيما حالة الموارد المتجددة، أما في حالة الموارد غير المتجددة، فإنه يجب الترشيد في استخدامها، إلى جانب محاولة البحث عن بدائل لهذه الموارد، لتستخدم رديفاً لها بهدف الإبقاء

---

[11] الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، مراقبة البيئة والتلوث، طبعة 1429هـ، ص 4

[12] اللجنة العالمية للبيئة والتنمية 1987 ص83.

[13] Church 1998 ص3.

عليها أطول مدة زمنية ممكنة، لأن الموارد الطبيعية ليست فقط من حق الأجيال الحاضرة، بل أيضاً من حق الأجيال القادمة.[14]

والتنمية المستدامة، هي تنمية لا تركز على الجانب البيئي فقط، بل تشمل أيضاً الجوانب الاقتصادية والاجتماعية، أي أنها تنمية بأبعاد ثلاثة، مترابطة ومتداخلة فيما بينها، وكل بعد منها يتكون من مجموعة عناصر.[15]

ولكي تقوم هذه التنمية على قاعدة صلبة، لابد من أن تعتمد على واقع مخزون رأس المال الذي يديمها، ورأس المال هنا، لا يقصد به رأس المال بمفهومه المحاسبي (النقدي)، بل هو مقدرات المجتمع ومحتوياته ومكوناته كلّها، التي لها أبعاد تؤثر في التنمية.[16]

أدت سيطرة النزعة المادية على سلوك الأفراد والشركات والحكومات في السنوات الأخيرة إلى زيادة معدلات الربح، ومعدلات النمو الاقتصادي، من خلال خطط وبرامج ومشاريع تنموية كانت غير رشيدة، لأنّها قامت على أساس التخطيط الجزئي وقصير المدى، بهدف تحقيق أقصى حدٍ ممكنٍ من المكاسب والمنافع، الأمر الذي جعلها عاجزة عن المحافظة على التوازن الطبيعي، بسبب استنزافها المتسارع للموارد الطبيعية.[17]

إن اتباع منهج التنمية المستدامة، في ظل معطيات الثقافة الاقتصادية الجديدة، أمر بغاية الصعوبة، ولاسيما أنها ترتكز على" اقتصاد السوق"، الذي لا يمكّننا من وضع الحلول المناسبة للمشكلات البيئية، التي أصبحت أضرارها تتجاوز حدود الدولة المنتجة لها، وهي الظاهرة التي تعرف بـ "عالمية مشكلات البيئة". وعليه فإن الجميع معنيون بحماية البيئة ووقايتها من أية أخطار تصاب بها. والوقاية التي

---

[14] Geis, D., Kutzmark, T. 1998، ص2.

[15] مخول وغانم، نظم الإدارة البيئية ودورها في التنمية المستدامة، 2009، ص7

[16] Kozlosiki, J., Hil, G. 1998، ص43

[17] الحمد، صباريني، م.س.، 1979، ص225

نقصدها هي: الحيلولة دون وقوع المشكلة، وذلك من خلال القيام بسلسلة من الإجراءات تهدف إلى اتخاذ كل السبل المؤدية إلى تنمية البيئة وتطويرها ومراعاة قوانينها الإيكولوجية، ومنع وقوع أية أخطار تهددها، وإنذار من تسول له نفسه الاعتداء عليها.[18]

وتهدف الإجراءات العلاجية إلى اتخاذ الإجراءات والتدابير التي من شأنها أن توقف المصادر الرئيسة والمسببة لهذه المشكلات البيئية، التي يشكل تدفقها موتاً محققاً للإنسان وللبيئة معاً. ولتحقيق الهدف الأساسي من التنمية المستدامة في حماية البيئة، يلزم القيام بالمهام الست الآتية:

1. بناء القدرات المؤهلة والمتخصصة في البيئة، وإنشاء مراكز البحث العلمي وتزويدها بالأجهزة والأدوات المعدة لقياس التلوث البيئي، فضلاً عن مراقبة تأثير الملوثات للبيئة واتجاهاتها، وتوفير إنذار مبكر عن أي تدهور خطير.
2. سن التشريعات والقوانين الخاصة بحماية البيئة، آخذين بالحسبان أهمية قوانين العقوبات الرادعة، لمن يعتدي عليها.
3. رفع مستوى الوعي البيئي والسلوك التطوعي للمواطنين كافة، إلى مراحل متقدمة، من أجل الحفاظ على البيئة، والمطالبة بإدخال البعد البيئي ضمن مناهج التعليم، واستخدام وسائل الأعلام المختلفة لتوعية المواطنين بقضايا البيئة ومشكلاتها وسبل الحفاظ عليها.
4. التوسع في استخدام مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة، مثل الطاقة الشمسية والطاقة الكهربائية في جميع نواحي الحياة، بدلاً من مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم والبترول.

---

18 مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، 2001، ص62-66

5. رفع مستوى الأداء البيئي الحكومي والمجتمعي، من أجل الوصول إلى تحقيق قدر أعلى من المعايير والمقاييس المتفق عليها في المعاهدات والاتفاقيات البيئية العالمية.
6. إدراج البعد البيئي كمتغير أساسي في خيارات المجتمع، لتخطيط مشاريع التنمية وتنفيذها وتقييمها من منظور الارتباط الوثيق بين المستوى المعيشي والوضع البيئي، وذلك بالتعاون مع المنظمات الإقليمية والدولية[19].

ولحماية البيئة في الدول العربية لما فيه خير شعوبها ونماء لإقتصادياتها على أسس سليمة بيئية توصلها إلى التنمية المستدامة ينبغي:[20]

رفع مستوى الوعي البيئي لدى المؤسسات الصناعية والقطاعات الحكومية وشعوب تلك المناطق.كما ينبغي تعاون الحكومات والمؤسسات الصناعية لإستكمال التشريعات والقوانين البيئية على أسس قابلة للتطبيق ومتابعة ذلك من قبل جهات مختصة بالدولة والوصول إلى مستويات بيئية متقدمة أمر ليس من الصعوبة بمكان، خاصة وأن هناك تجارب سابقة لعديد من الدول المتقدمة يمكن بعد دراستها إستلهام الفكر والدروس واختصار الزمن والوصول إلى تنمية مستدامة. وتطبيق خطة للتنمية المستدامة يتطلب إتباع طرق الإنتاج السليم بيئياً وذلك بتطبيق خطة إستراتيجية بيئية وقائية متكاملة إبتداء من العملية الصناعية ذاتها ووصولاً إلى المنتج نفسه بهدف تخفيف المخاطر على الإنسان والبيئة، وهذا يعني ترشيد إستهلاك المواد الأولية والطاقة والإستفادة القصوى منها والإستعاضة عن المواد السامة بمواد غير سامة أو أقل سمية وتقليل أو نزع سمية النفايات المنبعثة غازية أو سائلة أو صلبة أثناء عملية الإنتاج نفسها، والمنتج إبتداء من عملية إستخراج مواده الأولية وإنتهاء بطرق التخلص منها. ولايقاف أو الحد من التلوث الصناعي في الدول

---

[19] نحول وغانم، نظم الإدارة البيئية ودورها في التنمية المستدامة، 2009، ص15

[20] محمد المهنا، البيئة في الوطن العربي: الواقع والمؤمل، ص43-44

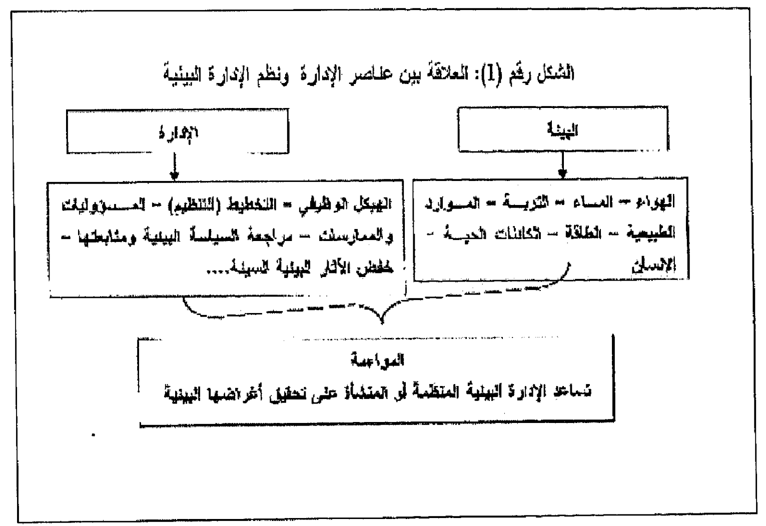
العربية. ينبغي وضع خطط خاصة تهدف إلى ذلك، تأخذ بعين الإعتبار تطبيق طرق وقاية على مصادر هذه الملوثات، وغالباً ما تكون بسيطة للغاية، مؤدية بذلك إلى ظروف عمل صحية وحماية البيئة وتوفير بالإنفاق وزيادة في الإنتاج وتقليل للفاقد من المواد الأولية. وهناك العديد من التجارب للدول المتقدمة في هذا المضمار قامت، بمجملها، بتطبيق إجراءات وقائية لإيقاف ومنع الملوثات من مصادرها مثل "إجراء تغيير في نظام العمل، وإجراء تحويرات في عمليات الإنتاج" وإستبدال بعض الأجهزة بأخرى ذات تقنية أجود وإستبدال المواد الأولية السامة بأخرى غير سامة أو أقل سمية.

ولوصول الدول العربية إلى هذا الهدف [الإنتاج السليم بيئياً]. يجب تخطي كافة المعوقات التي تحول دونه فينبغي، مثلاً، الإلمام الكامل بالحالة الاقتصادية والاجتماعية والتركيبة السكانية لوضع برنامج تدريبي متكامل والقيام بالتوعية البيئية، كما يتطلب معرفة ودراية تامة بطرق الإنتاج والتقنيات المستخدمة وتقييم إستخداماته والملوثات الناجمة من العملية الإنتاجية لتشخيص المشاكل ومعالجتها قبل حدوثها. وهناك معوقات أخرى تحول دون الوصول إلى الإنتاج السليم بيئياً في الدول العربية خاصة الفقيرة منها وهي_ المعوقات المالية، فعملية إحلال بعض الأجهزة بأخرى أحدث وأرقى تقنياً أو عمليات التحوير في خطوط الإنتاج يتطلب موارد مالية التي قد تكون شحيحة في بعض هذه الدول مما يعوق خطط منع أو تقليل الملوثات. وفي دول عربية أخرى يعتبر ضعف رغبة وممارسة الإداريين لأي عملية تحويرية من المعوقات الرئيسية للإنتاج السليم بيئياً، ويرجع هذا إلى قلة الخبرة والمعرفة لديهم كما أن غياب التشريعات البيئية أو ضعف تطبيقها أن وجدت يشجع المؤسسات الصناعية في الدول العربية على عدم الإلتزام بمبادئ المحافظة على البيئة. لذا فإن طرق الإنتاج السليم بيئياً والتقنيات النظيفة لا تزال

غير مألوفة حتى اليوم في أوساط الكثير من الدول العربية. ويعود ذلك بلا ريب، إلى تدني المعرفة والوعي بالمكاسب المالية التي يمكن أن تنتج عنها.

الإدارة البيئية

يتداول المختصون عدة تعاريف للإدارة البيئية، تهدف بالمحصلة إلى ما تهدف إليه الإدارة البيئية التي هي عبارة عن: "الجهود المنظمة التي تقوم بها المنظمات للاقتراب من تحقيق الأغراض البيئية بوصفها جزءاً أساسياً من سياساتها"[21]، كما أنها تُعنى بالتعديلات المطلوبة في نظم المنشآت والمنظمات المختلفة، بحيث يكون الاهتمام بالبيئة مجالاً مؤثراً وفعالاً فيها، ويبدو ذلك جلياً في الهيكل الوظيفي للمنشآت من حيث المسؤوليات والمهام وتنفيذ الخطط والمراجعة للخطط البيئية، بهدف تحسين أداء المنشأة وخفض آثارها البيئية أو منعها تماماً[22].



المصدر: مخول وغانم، نظم الإدارة البيئية ودورها في التنمية المستدامة، 2009، ص35

---

[21] بدرع.، وهدان، ز.، 2008،ص1

[22] مخول وغانم، نظم الإدارة البيئية ودورها في التنمية المستدامة، 2009، ص35

وتعرف أيضاً إنها معالجة منهجية لرعاية البيئة في كل جوانب النشاط الاقتصادي والإنساني في المجتمع، وإعمال هذه المعالجة هو أصلاً عمل تطوعي يأتي بمبادرة من قيادات المنظمة القائمة بهذا النشاط، وتناول القيادات للأمر لا يقتصر على التقييم النقدي لمزايا إقامة منظومة للإدارة البيئية بل يشمل أيضاً النظر في المخاطر التي تتعرض لها المنظمة والمجتمع، إذا لم يشمل التناول الاعتبارات البيئية (الحوادث، القدرة على الحصول على التمويل اللازم أو التنافس في السوق أو دخول مجالات جديدة). فالإدارة البيئية السليمة هي تلك التي تنطوي على التخطيط البيئي السليم والذي يتماشى مع خطط التنمية الحضارية التي تؤدي إلى بيئة أفضل للأجيال القادمة.[23]

هناك خمسة أسباب برزت بموجبها الحاجة إلى إدارة للبيئة على نحو أكثر ملائمة ويمكن حصرها بالتالي:

1. التحقق بأن الفرص المتاحة من قبل البيئة والتي قد تساعد على تحقيق الأهداف الاقتصادية والاجتماعية لم تستغل بالكامل.
2. تنامي الوعي بأن الكوارث البيئية الحديثة هي من نتائج النشاط البشري.
3. تزايد درجة عدم التيقن حول الارتباطات بين الآثار ومسبباتها المحتملة.
4. معرفة أن الآثار الصغيرة المتراكمة قد تتفاقم وعلى مدى فترات زمنية بعيدةإلى آثار كبيرة قبل أن تكتشف.
5. تراكم الدلائل على انتقال الشاكل ابيئية مما يشير إلى أن التدهور البيئي لا يلتزم بالحدود السياسية وأن الحاجة لحل هذه المشاكل يتطلب حلولاً وجهوداً عالمية.[24]

---

[23] عبد الحيم علام،مقدمة في نظم الإدارة البيئية، المنظمة العربية للتنمية الإدارية، 2005، ص3

[24] Egyptian Pollution Abatement Project" Summary of pipeline projects" May 2000

تتضمن المبادئ الحاكمة للمديرين الذين ينفذون أو يعززون منظومة الإدارة البيئية ما يلي:

1. الاعتراف بأن الإدارة البيئية هي من أعلى أولويات الإدارة.
2. إقامة الاتصالات مع الأطراف المعنية داخلياً وخارجياً واستمرارها.
3. تحديد المتطلبات القانونية والجوانب البيئية المرتبطة مع أنشطة أو خدمات المنظمة.
4. تنمية التزام الإدارة وجميع العاملين بالحماية البيئية، مع توضيح مستويات المحاسبة والمسؤولية.
5. تشجيع التخطيط البيئي عبر العملية الإنتاجية.
6. وضع أسلوب محدد لبلوغ مستويات الأداء المستهدفة.
7. تدبير موارد مناسبة وملائمة تشمل التدريب لتحقيق مستويات الأداء المستهدفة على أساس مستديم.
8. تقييم الأداء البيئي قياساً بالسياسة البيئية للمنظمة وبالأغراض والأهداف المرجوة ومع الالتزام بالسعي نحو التحسين الممكن باستمرار.
9. وضع أسلوب إداري لمراجعة وفحص منظومة الإدارة البيئية وتحديد فرص تحسينها وتقييم الأداء البيئي المحقق.[25]

تتعدد الفوائد التي يمكن أن تحصل عليها المؤسسات عند إتباع نظم الإدارة البيئية ومنها:

1. منع التلوث.
2. تطوير الأداء البيئي.
3. التنافس على المزايا.

---

[25] نجلاء فتحي، سياسات ترشيد الطاقة في جمهورية مصر العربية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الإدارة العامة، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة، أيار 2001.

4. تطوير الالتزامات.
5. تقليل التكلفة.
6. قلة الحوادث.
7. الاهتمام بالعمالة وزيادة أداء العاملين.
8. خلق أسواق جديدة ومستهلكين جدد.
9. السمعة بالنسبة للمجتمع وعامة الناس وزيادة الرؤية الإيجابية العامة وتنفيذ القانون.
10. تحذير العاملين من القضايا البيئية والإحساس بالمسؤوليات.

وحتى يتم التعرف على حاجة المنشأة إلى نظم الإدارة البيئية لابد من معرفة ما يلي:

1. مدى حاجة التزام المؤسسة بالقواعد والقوانين البيئية.
2. مدى الحرص على تطوير الأداء البيئي لها.
3. مدى اهتمام المؤسسة بالشؤون البيئية.
4. مدى ارتباط المؤسسة بالأهداف البيئية والأهداف الأخرى.

من أهم عوامل نجاح الإدارة البيئية هي توافر خطة ذات كفاءة تتضمن ما يلي:

1. تحديد أهداف المؤسسة: ضرورة قيام المؤسسة بتوضيح الهدف من تطوير الأداء البيئي الخاص بها. ومن الأهداف التي يمكن أخذها في الاعتبار الإذعان للقوانين أو منع التلوث وكذلك تحديد المواقع التي سيتم تطبيق نظم الإدارة البيئية عليها.
2. ضمان التزامات الإدارة: ضمان التزامات الإدارة يعتبر من الخطوات الهامة عند عملية التخطيط لتنفيذ نظام الإدارة البيئية، وجعل الإدارة العليا تكون على قناعة بالنظام. وكذا توضيح وفهم نظم الإدارة البيئية مع شرح

مواطن القوة والقيود ومدى توافق أهداف النظام مع أنظمة الإدارة الأخرى مما يضمن قناعة الإدارة العليا بفائدة نظم الإدارة البيئية.

3. اختيار نظام الإدارة البيئية: اختيار نظام الإدارة نقطة هامة جداً حيث أنها تحتاج إلى سلطة كافية لتفهم احتياجات المؤسسة ومهارات إدارة المشروع. وهي تعتبر العقل المفكر للنظام مع توافر الوقت اللازم.
4. اختيار فريق التنفيذ: يتم اختيار فريق التنفيذ من بين القطاعات المختلفة من الهندسة، المالية، العمالة، الإنتاج والخدمات. وهذا الفريق يجب أن يكون له القدرة في أن يحدد ويحلل القضايا والعمليات مع مراجعة العقود والإمدادات وغيرها. وكذلك الالتزام بعقد اجتماعات دورية ولاسيما في المراحل الأولى.
5. عقد اجتماعات دورية: بمجرد اختيار الفريق يتم مناقشة الأهداف لتنفيذ نظم الإدارة البيئية والخطوات المبدئية التي يجب اتخاذها ودور الأعضاء.
6. المراجعة المبدئية: الخطوة التالية هي عمل مراجعة مبدئية للإجراءات الحالية والبرامج الأخرى البيئية ومقارنتها بنظم الإدارة ISO 14001. مع وضع تقييم مكونات المؤسسة، الإجراءات، السياسات، والتأثيرات البيئية وبرامج التدريب والعوامل الأخرى.
7. تجهيز الميزانية والجدول الزمني: يجب أن تتضمن الخطة وصفاً مفصلاً للاحتياجات ومن المسؤول وما هي مصادر الاحتياجات ومتى ينتهي العمل منها. مع ملاحظة وجود مرونة في الخطة وتحديد أهداف مطولة والبحث عن نجاح مبكر ليزيد من العزم وتشديد فوائد نظم الإدارة البيئية.
8. ضمان المساعدات: يجب مراجعة الخطة والموازنة وحصول موافقة الإدارة العليا عليها. وكذا البحث عن مصادر تمويل خارجية أو مساعدات أخرى.

9. وضع العاملين في الخطة: يعتبر العاملون الموجودون في المؤسسة والمواقع المختلفة مصدراً ضخماً للمعرفة بقضايا البيئة والصحة والسلامة المتعلقة بعملهم، وكذلك كفاءة الأنظمة الموجودة. كما أن العاملين لهم دور كبير في وضع الخطط المبدئية.
10. استمرار الرصد والاتصالات: يجب رصد وملاحظة التقدم في الأنظمة البيئية مع خطة المشروع والتعريف به في المؤسسة والتأكد من النتائج التي تمت مع وصف لما حدث. مع التأكد من معرفة الإدارة العليا وخاصة إذا كانت هناك احتياجات مطلوبة.[26]

تتميز الإدارة البيئية بعدة خصائص تمكنها من القيام بوظائفها بشكل متكامل تتمثل في:

1. قبول الإدارة التعامل مع المتغيرات بصفتها جزء محوري من نشاطها.
2. الانسجام والالتحام بين المنظمة والتعامل مع الغير داخلياً وخارجياً.
3. القدرة على فهم وتحليل واستيعاب تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.
4. القدرة على التفاعل بين موارد المنظمة (البشرية والمادية وغيرها) والاتجاه بها إلى التكامل وصولاً إلى المستويات أو القدرات التنافسية مع الغير.
5. الأخذ في الاعتبار ميزة فعاليات إدارة الوقت في مواجهة الأعمال المطروحة.
6. تنمية روح بناء فرق العمل الجماعية لضمان المشاركة من الجميع.
7. العمل على إنجاز أداء الأعمال من منظور الجودة الكلية أو الشاملة.
8. القدرة على استثمار رأس المال البشري في الإبداع والابتكار الفعال.
9. الاقتراب من المنظمات المماثلة لدراسة تجاربها والاستفادة منها.[27]

---

[26] محمد، نظم الإدارة البيئية، مجلة أسيوط لدراسات البيئة

[27] عبد الحيم علام،مقدمة في نظم الإدارة البيئية، المنظمة العربية للتنمية الإدارية، 2005، ص3

نظام الإدارة البيئية (EMS)

هو نظام يشير إلى إدارة البرامج البيئية بالمنشأة شاملاً الهيكل التنظيمي، والتخطيط للأنشطة، والمسؤوليات، والإجراءات، والعمليات اللازمة لتطوير وتطبيق والتحقق والحفاظ على سياسة البيئة.

ويعتبر نظام إدارة البيئة بمثابة أداه لتحسين الأداء البيئي، وتقديم طريقة منهجيهة لإدارة شؤون المؤسسة البيئية، وهو جزء من إدارة المنشأة والذي يتناول الآثار البيئية الناتجة عن خدماتها ومنتجاتها سواء الفورية أو طويلة المدى، ويفرض على المنشأة معالجة التأثيرات البيئية من خلال تخصيص الموارد وإسناد المسؤولية والتقييم المستمر للممارسات والإجراءات والعمليات، ويركز على التحسين المستمر للنظام.[28]

وتعرف الآيزو 14000 بأنها مجموعة من المعايير القياسية التي وضعت من قبل المنظمة الدولية للتقييس بجنيف ISO، وبمعنى آخر أن سلسلة الآيزو 14000 هي مجموعة من نظم الإدارة البيئية التي ظهرت بهدف تحقيق مزيد من التطوير والتحسين في نظام حماية البيئة مع عمل توازن مع احتياجات البيئة.[29]

وتعتبر الجودة البيئية مفهوم معاصر في منظومة آليات حماية البيئة ويقصد بالجودة البيئية تحقيق نظم إدارية بيئية راشدة وفق ضوابط متفق عليها تهدف إلى ضبط الأداء الوظيفي للمشروعات وفقاً للمعايير البيئية.[30]

وقد بدأت الدول جميعها في العالم الاهتمام بالإدارة البيئية، بوصفها الوسيلة المناسبة لتصحيح أوضاع الصناعة، مما دفع العديد من الحكومات إلى وضع مقاييس تشريعية للإدارة البيئية، وتحول استخدام هذه المقاييس من أساس تطوعي إلى أن

---

[28] ساره عبدالله، نظام إدارة البيئة (EMS)، مجلة عالم الجودة

[29] خالد أبوعصبة، نظم إدارة البيئة وسلسلة الآيزو 14001 والاستفادة منها

[30] زين الدين عبدالمقصود، الجودة البيئية ISO 14000، المعهد العربي للتخطيط ، الكويت، 2000

أصبح شرطاً مهماً في التعامل بين كثير من الشركات والهيئات والمنظمات، وصولاً إلى تطبيق نظم الإدارة البيئية التي من أدواتها المستخدمة الآتي[31]:

- التشريعات :عبارة عما تصدره الحكومات من تشريعات وقوانين ملزمة للمنظمات والأفراد جميعهم في المجتمع في أثناء قيامهم بالعمليات الإنتاجية والصناعية والزراعية المختلفة، فضلاً السياسات واللوائح المنظمة للعمل عند إنشاء المشروعات الصناعية وما شابهها أو إدارتها، لتقوم الجهات الحكومية من ممارسة صلاحياتها في إطار تلك التشريعات بفرض العقوبات وإيقاف العمل في تلك المنشآت المخلة بشروط الترخيص للنظم والمعايير البيئية.
- مجموعات الضغط :عبارة عن الهيئات والمؤسسات والمنظمات والجمعيات التي تُعنى بحماية البيئة والحفاظ عليها، وتسعى في تقديم الدعم الفني والمالي للمشروعات والبرامج الصناعية والزراعية والتنموية، التي تلتزم بالتشريعات واللوائح والاتجاهات الحديثة في المحافظة على البيئة، فضلاً عن ضغوط المجتمع والضغوط الأدبية والاجتماعية، من خلال علاقة الإنسان بالمحيط البيئي، كما تسعى إلى زيادة الوعي بالآثار البيئية السيئة على صحة الإنسان في حالة عدم اهتمامه بحماية البيئة.
- معايير الجودة والمنافسة: وهي المعايير البيئية التي تلتزم بها المؤسسات والمنظمات المختلفة، فضلاً عن مفاهيم الجودة الحديثة، التي تؤدي دوراً كبيراً في المنافسة بين الشركات والهيئات المنتجة، ومدى مراعاتها للشروط البيئية.
- التمويل: ويقصد به ما تسعى إليه أغلب الشركات المنتجة في استهلاك الطاقة النظيفة، بعيداً عن التلوث البيئي، الأمر الذي يؤدي إلى توفير في

---

[31] الصرن، رعد، نظم الإدارة البيئية والآيزو 14000، دار الرضا، دمشق، 2001

تكاليف العملية الإنتاجية وفي زيادة الفرص التسويقية، لذا أعطت الجهات المولة عناية واهتماماً قبل دراسة تمويل المشروعات، من خلال تخفيض الالتزامات البيئية، حتى لا يؤدي إلى ارتفاع التكلفة وصعوبة في استرداد الأموال مرة أخرى.

ميزات نظام الإدارة البيئية[32]

- من أكثر الأنظمة الإدارية فاعلية في تحقيق أداء بيئي متميز، يسمح للمنظمة أو للمؤسسة بمراجعة نشاطات التي تقوم بها، والتي لها تأثير في البيئية والعمل على توفيق أوضاعها لها، بما يتناسب والمتطلبات القياسية.
- يساعد المؤسسة أو المنظمة في تحسين كفاءة الأداء البيئي ذاتياً، من خلال التعاون مع الجهات المعنية بالشأن البيئي.
- يتضمن تحديد الهيكل التنظيمي والمسؤوليات والإجراءات والموارد اللازمة لتحقيق السياسة البيئية المرجوة.
- يتطلب الحصول على نظام الجودة (OMS)، وشهادات المواصفات القياسية البيئية ISO 14000كمؤشر على مدى الاهتمام بنشاطات حماية البيئة على المستويين المحلي والدولي.
- يؤدي من خلال تطبيقه إلى توحيد المصطلحات والمفاهيم المتداولة، عند إجراء المقارنات في مجال الحفاظ على البيئة.

إن عملية تطبيق مواصفة الآيزو 14001 في المنشآت المختلفة يترتب عليه إنشاء نظام إداري متكامل لضبط كافة العمليات مع بيان آلية المراجعة والمراقبة والقياس

[32] نخول وغانم، نظم الإدارة البيئية ودورها في التنمية المستدامة، 2009، ص37

وتعزيز فرص التحسين في نظام الإدارة البيئية للمنشأة بالإضافة إلى مجموعة الفوائد أدناه:[33]

- زيادة القدرة التنافسية للشركة أو المنشأة وفي تحقيق متطلبات التصدير إلى الخارج، حيث تحقق الشركات ذات السوك البيئي الصحيح ميزة تنافسية على الآخرين في السوق الواعي بدرجة كبيرة بالبيئة.
- ترشيد استهلاك الطاقة والموارد الطبيعية.
- تقليل الفاقد والحد من التلوث.
- التوافق مع القوانن والتشريعات البيئية.
- الاستعداد والاستجابة للطوارئ
- التحسين المستمر.
- الفائدة الملحقة بمنتجات الشركة وخدماتها.
- تحسين قنوات الاتصال بين الشركة والجهات الحكومية المتخصصة.
- تحسين صورة الشركة وأدائها البيئي مما يزيد من سمعتها الحسنة.
- اكتساب تقدير واعتراف الجهات العالمية مما يفتح أسواق التصدير.
- تحسين الاوضاع البيئية للموظفين للعمل في بيئة نظيفة وآمنة وخالية من الملوثات.
- تلافي الخسائر المادية والاقتصادية خاصة تلك الناجمة عن الحوادث ذات الآثار البيئية أو تلك المتعلقة بتكاليف التأمين.
- رفع وزيادة العي بالبيئة لدى كل العاملين بالشركة.
- زيادة الأرباح الناتجة عن الفوائد السابقة، حيث أن منع المشاكل البيئية عن طريق تطبيق نظام الإدارة البيئية أكثر رخصاً من إعادة الإصلاح.

---

[33] عادل عبدالرزاق، نظام الإدارة البيئية EMSوالمواصفة الدولية ISO-14000وتطبيقهما في الوطن العربي،2005، ص3-4

مفهوم التلوث البيئي

لقد أدى التنامي الكبير في أعداد السكان والتقدم الصناعي والزراعي في القرن الأخير، إضافة إلى عدم اتباع الطرق المناسبة في معالجة مصادر التلوث وانعدام التخطيط السليم إلى تلوث عناصر البيئة كالأرض والمياه، والهواء، واستنزاف مصادر الثروة الطبيعية. ويمكن اعتبار مشكلتي التلوث واستنزاف الموارد الطبيعية من أهم المشاكل البيئية الرئيسية في هذا العصر سواءً في العالم الصناعي أو العالم الثالث.[34]

التلوث هو إحداث تغير في البيئة التي تحيط بالكائنات الحية بفعل الإنسان وأنشطته اليومية مما يؤدي إلى ظهور بعض الموارد التي لا تتلائم مع المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي ويؤدي إلي اختلاله. ويعرف التلوث أيضاً عبارة عن الحالة القائمة في البيئة الناتجة عن التغيرات المستحدثة فيها والتي تسبب للإنسان الإزعاج او الأمراض أو الضرر أو الوفاة بطريقة مباشرة، أو عن طريق الإخلال بالأنظمة البيئة وتعرف مسببات التلوث بالملوثات وتعرف الملوثات بأنها المواد أو الميكروبات التي تلحق الضرر بالإنسان أو تسبب الأمراض أو تودي به إلى الإحلال، والتعريف الحديث للتلوث يشمل على: كل ما يؤثر على جميع عناصر بما فيها من نبات وحيوان وإنسان وكذلك ما يؤثر في تركيب العناصر الطبيعية غير الحية مثل (الهواء والتربة والبحيرات والبحار).[35]

الملوثات

تعرف الملوثات على أنها المواد أو الميكروبات أو الطاقة التي تلحق الأذى بالإنسان وتسبب له الأمراض أو تؤدي به إلى الهلاك.[36]

---

[34] الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، مراقبة البيئة والتلوث، طبعة 1429هـ، ص 8

[35] أحمد نيمو، التلوث البيئي المفهوم والتعريف، شبكة عطر الإسلام، 2009

[36] الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، مراقبة البيئة والتلوث، طبعة 1429هـ، ص 8

يمكن تقسيم المواد الملوثة للبيئة تبعاً لطبيعة المادة سواءً من حيث التركيب الكيماوي أو حالة المادة، ويمكن تقسيمها وفقاً للصفات الطبيعية والكيماوية للملوثات أو تبعاً للنظام البيئي المعرض للتلوث أو وفقاً لمصدر التلوث أو نظام استخدام الملوث أو التأثيرات الضارة للملوثات على النظام البيئي.

تقسيم الملوثات تبعاً لطبيعتها:

- التركيب الكيماوي:
  1. الملوثات العضوية مثل الهيدروكربونات.
  2. الملوثات غير العضوية مثل أكاسيد الكبريت.
- الحالة الطبيعية للملوث:
  1. ملوثات سائلة.
  2. ملوثات غازية.
  3. ملوثات صلبة.

تقسيم الملوثات تبعاً لصفاتها:

1. القابلية للذوبان في الماء والزيت والدهون.
2. معدل الانتشار والتخفيف.
3. التحلل البيولوجي.
4. الثبات في الهواء والماء والتربة والكائنات الحية.
5. قابليته للتفاعل مع غيره من المواد.

التقسيم تبعاً لنوع النظام البيئي

1. ملوثات هوائية.
2. ملوثات المياه العذبة.
3. ملوثات مياه البحار.
4. ملوثات التربة.

تقسيم الملوثات تبعاً لمصدر التلوث:

- نواتج احتراق الوقود:
  1. مصادر منزلية.
  2. مصادر صناعية.
  3. مصادر زراعية.
- نواتج ذات أصول صناعية:

تقسم وفقاً لنوع الصناعة، مثلاً صناعة البلاستيك، أو الإسمنت، أو صهر المعادن.

- منتجات منزلية وخدمية:

مثل نفايات المنازل، نفايات المستشفيات، نفايات المعامل.

- نواتج ذات أصول زراعية:

مثل مخلفات الحيوانات الزراعية، مخلفات الأسمدة ومتبقيات المبيدات الكيميائية.

التقسيم تبعاً لنمط الاستخدام:

- الاستخدام في الصناعة:

مثل المواد الأولية، المذيبات، المثبتات، الملونات، المواد الحافظة، مواد التشحيم.

- الاستخدام في المنازل والمستشفيات:

مثل المنظفات، الملطفات، مواد الطلاء، المطهرات والمبيدات الكيميائية.

- الاستخدام في الزراعة:

الأسمدة، المبيدات الكيميائية، الوقود، المعقمات.

- الاستخدام في النقل:

الوقود، مواد التشحيم والتنظيف والدهانات ومعادن الغلفنة.

- الاستخدام في الحروب.

التقسيم تبعاً للآثار الناتجة:

1. ملوثات تؤثر على الإنسان.
2. ملوثات تؤثر على الحيوانات.
3. ملوثات تؤثر على النباتات.
4. ملوثات تؤثر على مكونات الجو مثل طبقة الأوزون.
5. ملوثات تؤثر على العمليات الحيوية الطبيعية في الماء.[37]

مستويات التلوث

- التلوث غير الخطير: وهو التلوث المتجول الذي يستطيع الإنسان أن يتعايش معه بدون أن يتعرض للضرر أو المخاطر كما أنه لا يخل بالتوازن البيئي وفي الحركة التوافقية بين عناصر هذا التوازن.
- التلوث الخطر: وهو التلوث الذي يظهر له آثار سلبية تؤثر على الإنسان وعلى البيئة التي يعيش فيها ويرتبط بالنشاط الصناعي بكافة أشكالها وخطورته تكمن في ضرورة اتخاذ الإجراءات الوقائية السريعة التي تحمي الإنسان من هذا التلوث.
- التلوث المدمر: وهو التلوث الذي يحدث فيه انهيار للبيئة والإنسان معاً ويقضي على كافة أشكال التوازن البيئي وهو متصل بالتطورالتكنولوجي الذي يظن الإنسان أنه يبدع فيه يوماً بعد يوم ويحتاج إصلاح هذا الخطأ سنوات طويلة ونفقات باهظة.[38]

---

[37] الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، مراقبة البيئة والتلوث، طبعة 1429هـ، ص 9-11

[38] خلف، محاسبة التلوث البيئي،الأكاديمية العربية في الدنمارك،2009،ص 4

أضرار التلوث

- ظهور المشاكل البيئية المختلفة ومن ضمنها الانفجار السكاني.
- المطر الحمضي.
- اختلال التنوع البيولوجي وانقراض بعض مظاهر الحياة النباتية والحيوانية.
- تآكل طبقة الأوزون.
- ظاهرة الاحتباس الحراري.
- ظاهرة التصحر وفقر التربة الزراعية.
- تعرض المجال الجوي للمطارات للتلوث الجوي مما يؤدي الى خفض مجال الرؤية.
- الانقلابات الحرارية وعدم استقرار المناخ.
- إلحاق أضرار بالآثار فالتركيزات العالية من أكاسيد الرصاص والكبريت تعمل على تآكل ألوان الآثار على مدار آلاف السنين وذلك لقدرة تلك الأكاسيد على التفاعل مع مكونات تلك الألوان.
- حدوث الحرائق عن طريق الاشتعال الذاتي للغازات السامة القابلة للاشتعال.
- نسب متزايدة من الأكاسيد الضارة والمعادن الثقيلة العالقة بالهواء وخاصة الرصاص الذي يساهم بها قطاع صهر المعادن وتوليد الكهرباء ومصانع البلاستك والكمياويات.
- عدم سهولة تنقية مياه الصرف الصحي.
- بقاء المكونات الصناعية بالتربة الزراعية لفترة طويلة من الزمن.
- تقليص مساحات الأراضي الزراعية لمقابلة الغزو الصناعي.
- تزايد نشر الرطوبة الجوية بالهواء بكثرة المسطحات المائية لصرف المخلفات الصناعية.

- زيادة التدفق الحراري الآتية من المناطق الصناعية و المحملة بالملوثات المختلفة من العوالق والتربة والدخان.[39]

أنواع التلوث البيئي

يؤثر التلوث عل جميع مجالات البيئة وأشكالها المختلفة، في ما يلي سنذكر أنواعه والمصادر التي تؤدي إلى حدوث هذا التلوث.

تلوث الهواء

يتكون الغلاف الجوي من مجموعة من الطبقات الهوائية اعتماداً على تركيز الغازات ونوعيتها وكثافة وضغط الهواء والوزن الجزيئي للذرات والجزيئات ودرجة حرارة الهواء. يقسم الغلاف الجوي إلى الطبقات الآتية.

1. طبقة التروبوسفير Troposphere

تمثل الطبقة السفلى من الغلاف الجوي ويكون سمكها 8 كم فوق القطبين و16 كم عند خط الإستواء ويزداد هذا السمك وتقل كثافة الهواء فيها عند فصل الصيف بسبب تمدد جزيئات وذرات الغازات وزيادة المسافة التي تفصل بينها بفعل زيادة درجة الحرارة. تحتوي طبقة التروبوسفير تقريباً كامل حجم وكمية بخار الماء الموجودة في الغلاف الجوي وعلى 75٪ من كتلة الهواء وتكون كثافة الهواء في جزئها الأسفل الأعلى بين طبقات الهواء. وبسبب قربها من سطح الأرض ومن مصادر التلوث فإن نسبة عالية جداً تقدر بحدود 99٪ من الملوثات تتركز بها. تنخفض درجة الحرارة في هذه الطبقة كلما ارتفعنا بمعدل 6.5 درجة مئوية/ كم وتنخفض درجة الحرارة في نهايتها إلى حوالي -55 درجة مئوية تحت الصفر.

2. طبقة الستراتوسفير Stratosphere (طبقه الأوزون)

تمتد من نهاية طبقة التروبوسفير وإلى ارتفاع 55 كم فوق مستوى سطح البحر، وهي طبقة انتقالية ترتفع فيها درجة الحرارة حتى تصل إلى درجة الصفر المئوي في

---

[39] خلف، محاسبة التلوث البيئي،الأكاديمية العربية في الدنمارك،2009،ص 5-6

مستوياتها العليا. تحتوي طبقة الستراتوسفير على معظم كمية غاز الأوزون (90٪) الذي يحمي كوكب الأرض من تاثيرت الأشعة فوق البنفسجية الضارة ويبلغ أقصى كثافة له عند ارتفاع 22 كم فوق مستوى سطح البحر، تصل الملوثات الهوائية الخفيفة المتصاعدة من طبقة التروبوسفير إلى الجزء الأسفل من هذه الطبقة، كما ويلوث الطيران المدني والحربي هذه الطبقة بالمخلفات الغازية وبكميات من بخار الماء نراها على شكل خطوط بيضاء متكثفة.

3. طبقه الميزوسفير Mesosphere

تقع هذه الطبقة بين طبقة الستراتوسفير وطبقة الثيرموسفير وتصل إلى ارتفاع يقارب 80 كم فوق مستوى سطح البحر وبسمك مقداره 25كم. تتكون عادةً من غازات خفيفة وزنها الجزيئي قليل مثل غازي الهليوم والهيدروجين. وهي طبقة متخلخلة تكون كثافة الهواء بها قليلة وتنخفض بها درجة الحرارة حتى تصل إلى درجه 90 تحت الصفر المئوي في الجزء الأعلى منها.

4. طبقة الثيرموسفير Thermosphere

تعرف طبقة الثيرموسفير باسم الطبقة الحرارية أو الطبقة المتأينة (Ionosphere) ويصل ارتفاعها إلى 1000 كم فوق مستوى سطح البحر. تحتوي على الأكسجين الذري والأكسجين والنيتروجين والهليوم وهي طبقة متأينة ومشحونة كهربائياً بسبب تصادم الجزيئات والذرات مع الأشعة الشمسية عالية الطاقة وهذا ما يجعل درجه الحرارة في هذه الطبقة مرتفعة وتقل بها كثافة الهواء كلما ارتفعنا نحو الأعلى.[40]

إن الهواء الجوي الجاف النقي الغير ملوث يتكون من 78 ٪ نيتروجين 21٪ أكسجين وحوالي 0.9٪ غاز أرجون والبقية عبارة عن تراكيز شحيحة من ثاني

[40] حسن الكوفي، ظاهرة الاحترار الكوني وعلاقتها بنشاطات الإنسان والكوارث الطبيعية، الأكاديمية العربية المفتوحة في الدنمارك

أكسيد الكربون والنيون و الهليوم والهيدروجين وغيرها بالإضافة إلى ذلك يحتوي على بخار الماء.

إن الهواء يحتفظ بمكوناته في الظروف الطبيعية وحسب دورة الحياة في النظام البيئي السابق ذكره فإن النبات مثلاً يأخذ ثاني أكسيد الكربون من الجو ويحتفظ بالكربون ويطلق الأكسجين وتتنفس الكائنات الحية الأكسجين وإذا زادت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو فإن الفائض يذوب في البحار والمحيطات ويتفاعل مع أملاح الكالسيوم مكوناً كربونات الكالسيوم (الأحجار الجيرية) . وبذلك تحفظ الطبيعة ذاتها.

ويعرف تلوث الهواء بوجود مواد في الهواء بتركيزات مختلفة تكون ضارة بصحة الإنسان أو الحيوان أو النبات أو التربة أو البيئة. هناك مصدرين لتلوث الهواء:

أولاً: مصادر طبيعية:

وهذه لا دخل للإنسان بها أي أنه لم يتسبب في حدوثها ويصعب التحكم بها وهي تلك الغازات الناتجة من البراكين وحرائق الغابات والأتربة الناتجة من العواصف وهذه المصادر عادة تكون محدودة في مناطق معينة ومواسم معينة وأضرارها ليست جسيمة إذا ما قورنت بالأخرى. ومن الأمثلة لهذه الملوثات الطبيعية:

1. غازات ثاني أكسيد الكبريت ، فلوريد الإيدروجين ، وكلوريد الهيدروجين، المتصاعدة من البراكين المضطربة.
2. أكاسيد النيتروجين الناتجة عن التفريغ الكهربي للسحب الرعدية.
3. كبريتيد الهيدروجين الناتج من انتزاع الغاز الطبيعي من جوف الأرض أو بسبب البراكين أو تواجد البكتيريا الكبريتية.
4. غاز الأوزون المتخلق ضوئياً في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربي في السحب.
5. تساقط الأتربة المتخلفة عن الشهب والنيازك إلى طبقات الجو السطحية.

6. الأملاح التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المنخفضات والجبهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية من الترابات العارية.
7. حبيبات لقاح النباتات.
8. الفطريات والبكتريا والميكروبات المختلفة التي تنتشر في الهواء سواء أكان مصدرها التربة أو نتيجة لتعفن الحيوانات والطيور الميتة والفضلات الآدمية.
9. المواد ذات النشاط الإشعاعي كتلك الموجودة في بعض تربات وصخور القشرة الأرضية وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.

ثانياً: المصادر الغير طبيعية:

وهي التي يحدثها أو يتسبب في حدوثها الإنسان وهي أخطر من السابقة وتثير القلق والاهتمام حيث أن مكوناتها أصبحت متعددة ومتنوعة وأحدثت خللاً في تركيبة الهواء الطبيعي وكذلك في التوازن البيئي. وبالإمكان تخفيض الضرر الناتج عنها وهم تلك المصادر

1. استخدام الوقود في الصناعة.
2. وسائل النقل البرى والبحري والجوي.
3. النشاط الإشعاعي.[41]

تلوث التربة

التربة هي الطبقة السطحية الهشة أو المفتتة التي تغطي سطح الأرض. تتكون التربة من مواد صخرية مفتتة خضعت من قبل للتغيير بسبب تعرضها للعوامل البيئية والبيولوجية والكيمائية، ومن بينها عوامل التجوية وعوامل التعرية. ومن الجدير

---

[41] http://makatoxicology.tripod.com/pollutions.htm

بالذكر أن التربة تختلف عن مكوناتها الصخرية الأساسية والتي يرجع السبب في تغييرها لعمليات التفاعل التي تحدث بين الأغلفة الأربعة لسطح الأرض؛ وهي الغلاف الصخري والغلاف المائي والغلاف الجوي والغلاف الحيوي.

ونستنتج من ذلك أن التربة تعد مزيجًا من المكونات العضوية والمعدنية التي تتألف منها التربة في حالاتها السائلة (الماء) والغازية (الهواء). ذلك، حيث تحتفظ المواد التي تتألف منها التربة بين حبيباتها المتفككة بفجوات مسامية (أو ما يُعرف بمسام التربة) وهي بذلك تُشكل هيكل التربة الذي تملؤه هذه المسام. وتتضمن هذه المسام المحلول المائي (السائل) والهواء (الغاز).[42]

تعتبر التربة ملوثة باحتوائها على مادة أو مواد بكميات أو تركيزات مسببة خطر على صحة الإنسان أو الحيوان أو على النبات، أو المنشآت الهندسية أو المياه السطحية أو الجوفية.

ومن أهم مصادر تلوث التربة (صناعية ، زراعية ، ...) نذكر منها: الطرق والمطارات، نواتج المجازر ومصانع الألبان، مصانع الأسبيستوس، مصانع الاسمنت، المصانع الكيميائية والمستشفيات، الأعمال الهندسية، مصانع الزجاج، مصانع الألياف الزجاجية، مصانع المعادن، مصانع تكرير الزيوت النفطية، معامل التصوير، محطات الكهرباء، المطابع، مصانع الورق، محطات الوقود والورش، مصانع النسيج، مخلفات حفر آبار النفط، الأسمدة الكيميائية والمبيدات، الري بمياه رديئة، مياه الصرف الصحي والقمامة[43].

أهم المركبات الملوثة:

- المعادن السامة للنبات: الرصاص والكادميوم والزنك والزئبق والزرنيخ.
- الملوثات العضوية: الزيوت والمذيبات والأسفلت والمركبات الفينولية.

---

[42] http://ar.wikipedia.org/wiki
[43] www.olom.info

- الكبريتات والأحماض.
- غازات سامة: الميثان وثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين.
- مواد مسرطنة: الأسبيستوس وبعض المركبات العضوية والعناصر الثقيلة.

ومن أسباب تلوث التربة تمليح التربة والتشبع بالمياه ، فالاستخدام المفرط لمياه الري مع سوء الصرف الصحي يؤدي إلى الإضرار بالتربة، والتسرب من الخزانات والأنابيب مثل أنابيب النفط ومنتجاته، ووجود ظاهرة التصحر، ويساعد في هذه العملية عدم سقوط الأمطار والرياح النشيطة التي تعمل على زحف الرمال إلى الأراضي الزراعية فيما يعني بتحرك الكثبان الرملية، تخزين ونقل المواد الخام والنفايات، إنبعاث الملوثات من أماكن تجميعها إلى البيئة المحيطة بها، إنتقال المواد الملوثة مع مياه السيول أو المياه الجوفية، استخدام المبيدات والكيماويات على نحو مفرط فهي ترشح المبيدات لداخل التربة، أو تنقل عن طريق الرياح، ويمكن أن تنتشر عن طريق الجريان السطحي للمياه، أو تنتقل بالصرف لتصل إلى المياه الجوفية وتنتشر بالتالي في باطن الأرض بحيث تصل في النهاية إلى الأنهار أو البحيرات، والتوسع العمراني الذي أدى إلى تجريف وتبوير الأراضي الزراعية، والتلوث بواسطة المواد المشعة، والتلوث بالمعادن الثقيلة[44].

الأضرار الناجمة عن التربة الملوثة

من أهم التأثيرات التي تنجم عن الترب الملوثة ما يلي:

- التأثيرات الصحية وذلك من خلال ملامسة التربة الملوثة للجلد أوإبتلاع التربة الملوثة أو شرب المياه التي قد يكون تسربت إليها الملوثات من التربة أو استنشاق الغازات السامة والغبار الذي يحتوي على مواد ضارة أوتناول المنتجات الزراعية من المناطق الملوثة.

---

[44] www.marefa.org

- ومن التأثيرات البيئية: قد تسبب الملوثات في تسمم النباتات والحيوانات والنظام البيئي ككل.
- ومن التأثيرات الإقتصادية من أهم نتائج الأراضي الملوثة فقدان قيمتها وقد تتوقف عن الإنتاج الزراعي.[45]

تلوث الماء

كان الناس في الماضي يلقون المخلفات والفضلات في مياه الأنهار والمحيطات ظناً منهم إنها تنقي نفسها ففي مابين عام 1849 و 1853 انتشر وباء الكوليرا في لندن بسبب تلوث مياه نهر التايمز وقد أدى إلى وفاة عدد كبير من سكان لندن وما جاورها. وتكررت نفس المأساة في مدن أوروبية أخرى كما انتشر في بعض المدن الأمريكية وباء التيفود في الفترة نفسها.

وكذلك ظهر تلوث مياه البحار والأنهار و المياه الجوفية بالمواد البترولية والمواد المشعة والمعادن الثقيلة وغيرها. ويشكل التلوث بالمواد البترولية خطراً على المياه حيث يكون طبقة رقيقة فوق سطح الماء تمنع اختراق الهواء وثاني أوكسيد الكربون والضوء إلى الماء وبذلك تصبح الحياة المائية شبه مستحيلة. ويدوم الهيدروكربون الناتج من تلوث البترول طويلاً في الماء ولا يتجزأ بالبكتيريا ويتراكم في قاع البحر. ويحتوي البترول على مواد مسرطنة carcinogenic مثل بنزوبيرين benzopyreneالذي يوجد بنسبة عالية في نفط الخليج وليبيا ويؤثر على النباتات والحيوانات التي تتغذى عليها.[46] وسنتحدث عنه بالتفصيل لاحقاً.

---

[45] http://makatoxicology.tripod.com/pollutions.htm

[46] www.olom.info

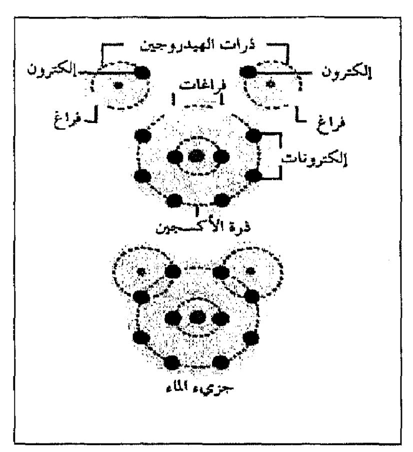
الفصل الثاني

المياه في الطبيعة

تعريف الماء

الماء مركب كيميائي مكون من ذرتي هيدروجين وذرة من الأكسجين. ينتشر على الأرض بأشكاله المختلفة، السائل و الصلب و الغاز. و الشكل السائل يكون شفافاً بلا لون، ولا طعم، ولا رائحة. كما أن 74٪ من سطح الأرض مغطى بالماء، ويعتبر العلماء الماء أساس الحياة على أي كوكب.[47]

للماء عدة خصائص جعلت له قيمة كبيرة في الحياة، والصناعة، والزراعة، وغيرها من مجالات الحياة، التغني بالماء و نعته بالخصال الحميدة لا يعفينا من أن نلم بخصائصه الفريدة الماء مركب كيميائي من عنصري الأكسجين و الهيدروجين؛ ذرة من الأكسجين و ذرتين من الهيدروجين و تشكل الذرات مثلثاً مجسماً في رأسه ذرة الأكسجين بشحنة سالبة و في جانبي القاعدة ذرتا الهيدروجين بشحنة موجبة و بنيان الماء بهذه الصورة يجعل منه سائلاً فريداً كما يصفه الكيميائيون على أساس أنه يشذ عن السوائل الأخرى في الكثير من الخصائص من خصائص الماء.



الشكل رقم (2): جزيء الماء[48]

---

[47] ar.wikipedia.org

[48] مصدر الشكل:www.aleajaz.org

1. تميل جزيئات الماء إلى التصرف كمجموعات مترابطة و ليس كجزيئات منفصلة و مجموعات جزيئات الماء تكون محتوية على فراغات.
2. يتمدد الماء و ينكمش بالبرودة شأنه في ذلك شأن كل السوائل والغازات والأجسام الصلبة إلا أن الماء يسلك سلوكاً شاذاً تحت درجة 4 مئوية حيث يتمدد بدلاً من أن ينكمش و هذا يجعل ثقله النسبي أي كثافته تقل بدل من أن تزيد و بذلك يخف فيرتفع إلى الأعلى و عندما يتجمد في درجة الصفر المئوي يكون تجمده فقط على السطح بينما في الأسفل يكون الماء سائلاً في درجة 4 مئوية وفي ذلك حماية كبيرة للأحياء التي تعيش في الماء.
3. التعادل الحمضي: الماء سائل متعادل كيميائياً، إذ أن درجة الحموضة أو القاعدية فيه هي 7، وهذا يعني أنه لا يمكن اعتبار الماء مادة حمضية أو قاعدية، لأنه مادة متعادلة كيميائياً.
4. الإذابة: الماء مادة مذيبة، وهذا يعني أنه من الممكن إذابة الكثير من الأملاح والمواد في الماء، الماء الموجود في الطبيعة لا يوجد بشكل نقي 100٪ وذلك بسبب وجود الأملاح والغازات في الماء الموجود بالطبيعة، لكي تذوب مادة في الماء يجب أن تحتوي على أيونات حرة، أو أن تكون مادة متقطبة (لأن "المثل يذوب بالمثل" والماء مادة متقطبة لهذا السبب يعتبر الماء مذيب جيد للمواد).
5. التوصيل للكهرباء: الماء مادة موصلة سيئة للكهرباء، ولكن بما أن الماء مادة مذيبة، فعند إذابة الأملاح في الماء، أو إذابة مواد أخرى، يصبح الماء موصلاً جيداً للكهرباء.[49]

---

[49] www.zahra-water.com

الماء في الطبيعة

حالات الماء

الماء هو المادة الوحيدة في الطبيعة التي توجد بحالاتها الثلاثة: الصلبة والسائلة والغازية. وتبلغ كثافة الماء 1000 كيلو غرام على المتر المكعب، أي أننا إذا أخذنا خزاناً من الماء سعته متر مكعب (أي طول كل ضلع من أضلاعه متر واحد) فإنه سيزن 1000 كيلو غرام، وذلك عند درجة الحرارة 4 درجات مئوية.

أما عندما يتحول هذا الماء إلى جليد فإنه يخفّ وزنه وتنخفض كثافته لتصبح 917 كيلو غرام على المتر المكعب، ويتجمد الماء عند الدرجة صفر مئوية، أما درجة غليانه فهي 100 درجة مئوية.

ويعتبر الماء مادة مذيبة ممتازة لكثير من المواد الصلبة، ولذلك فقد وصفه الله تعالى في كتابه المجيد بالماء الطَّهور، يقول تبارك وتعالى: (وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا) [الفرقان: 48]. والطَّهور هو ما يتطهر به، وكلمة (طَهَرَ) في اللغة تعني أبعد، أي أن الماء يبعد ويزيل المواد غير المرغوب فيها، وبالتالي وصفه الله تعالى بالطَّهور.[50]

مصادر الماء في الطبيعة

- المياه السطحية

وتطلق هذه التسمية على جميع المياه الموجودة على سطح الأرض ماعدا مياه البحار. ومنها كذلك مياه البحيرات والأنهار والعيون والسدود. وتتكون المياه السطحية من الينابيع الجوفية التي تتفجر عيوناً فتسيل أودية أو من المياه الجوفية التي تتفجر عيوناً فتسيل أودية أو من المياه الجارية وتتجمع هذه المياه في مجاري قد تأخذ مسافات طويلة وكذلك حجماً كبيراً فيما يخص سيلان الماء والكمية التي تجري في هذه المجاري وتتميز هذه المياه

---

[50] عبد الدائم كحيل، دورة الماء بين العلم والإيمان، www.kaheel7.com

بالاتصال المباشر مع الهواء والذي يتحرك بتحرك المياه من جهة وبالسرعة التي يتم بها هذا التحرك. ويمكن للمياه السطحية أن تتجمع في بحيرات محبوسة تأخذ أحياناً حجماً هائلاً كما قد تتجمع بفعل الإنسان في سدود عادية على أنهار أو سدود تلية وتكون هذه المياه راكدة ولا تتحرك وهو ما يعبر عليه بوقت المكوث أو مدة البقاء والتي تأخذ سنة كاملة. وتختلف محتويات هذه المياه الكيماوية باختلاف المناطق والتربة التي تمر بها أثناء الجريان أو القشرة الأرضية التي تقطعها أثناء النبوع في حالة العيون.

إن ما يميز المياه السطحية كونها تحتوي على عكارة مرتفعة من جراء المواد المحملة الغير الذائبة؛ العكرة هو وجود سحابة أو شوائب داخل أي مائع ويكون السبب فيها جزيئات صغيرة (اجسام معلقة في الماء مثلاً) وغالباً لا ترى بالعين المجردة، وهي شيء شبيه بالدخان في الهواء، تعد عملية قياس العكارة عملية أساسية في اختبار جودة المياه؛ ويظهر هذا في المياه الجارية على الخصوص إذ تكون في بعض الأحيان ذات ألوان مختلفة بسبب العكارة (طين، مواد عضوية نباتية وحيوانية وطحالب الخ). وتتميز هذه المياه كذلك بكونها تحتوي على غازات ذائبة مثل الأكسجين وتتقلب هذه المياه من حيث الحمولة والمواد المحملة أثناء النهار والفصول أو من مكان لآخر بتعدد الثلوثات التي تمر بها أثناء الجريان.

أما عذوبة هذه المياه فتضل موضع الشك في سلامتها وتمثل خطراً قائماً بالنسبة للمستهلك إذ قد تنقل أوبئة من منطقة لأخرى وعلاوة على ما يمكن أن تحتوي عليه مما ذكر فقد تتلوث من جراء العمران أو الصناعات أو الفلاحة وربما ترمى القاذورات والنفايات الحضرية أو القروية في مجاري المياه لتصبح خطراً على الإنسان كما قد تصيبها ملوثات حديثة العهد كالمبيدات الفلاحية المختلفة الأنواع والتركيبات والأسمدة وما إلى ذلك

كما قد تجني عليها الصناعات أكبر فساد في الأرض لتتحمل بالنفايات الصناعية المختلفة.[51]

- المياه الجوفية

وتأتي المياه الجوفية من التسرب من سطح الأرض عبر القشرة الأرضية لتكون المياه الجوفية وهناك أنواع لهذه المياه الجوفية فقد تكون حرة وتتكون من مياه التسرب أو قد تكون محبوسة وفي هذه الحالة تفصلها عن سطح الأرض قشرة الصخور الأساسية وتكون هذه المياه جد عميقة.

وهناك حالة خاصة للمياه الجوفية التي تتكون تحت سطح المياه الجارية فتكون مرتبطة مباشرة بهذه المياه وتتبعها في التركيب والمعنويات وتتأثر محتويات هذه المياه بنوعية التربة والقشرة الأرضية التي تقطعها أثناء التسرب أو أثناء النبوع فالمعروف عن هذه المياه أنها صافية على عكس المياه السطحية وتُمثل عكارتها أدنى حد ممكن وتمتاز كذلك هذه المياه بعدم احتوائها على غازات مثل الأكسجين ولها تركيب كيماوي ثابت وعذوبة هذه المياه لاشك فيها حتى أنها كانت تقترن بمياه الشرب لخلوها من الأخطار الناتجة عن الجراثيم وتستجيب هذه المياه طبيعياً لخصائص ومواصفات المياه الشرب ولا يدهشنا كون المياه الجوفية أنقى وأعذب من المياه السطحية إذا ما نظرنا بعض الشيء إلى الكفية التي تتجمع بها تحت الأرض وما هي المياه التي تتجمع في المياه الجوفية.

إن تسرب المياه السطحية إلى جوف الأرض يمثل أرفع طريقة لتصفيتها ذلك أن هذه المياه أثناء تسربها تترشح عبر القشرة الأرضية ثم تلتقي بالصخور والأحجار والطين والرمال، فتأخذ منها كل المواد العالقة والمواد المحملة عبر الإمتزاز، ثم تنفد إلى جوف الأرض نقية مصفاة من كل

---

[51] http://www.khayma.com/faid/water.htm

المركبات إلا بعض الأملاح والمواد الذائبة. ويضمن هذا الترشيح والإمتزاز سلامتها من المواد العضوية والمركبات الضخمة بما في ذلك الجراثيم والفيروسات.

ولا نخدع أنفسنا بهذا التفسير العلمي لنضمن سلامة أي ماء جوفي في منطقة ما من المعمورة بل يجب أن نتنبه بما هو أخطر. لأن هذا التفسير الذي أسلفنا ليس لنطمئن مطلقاً لكن لنفهم الأشياء على ما كانت عليه في سالف العصور أو قبل 50 سنة لكن الآن مع الفساد وليس التلوث الناتج عن عدم القدرة على العلوم بالطريقة السليمة والعقل السليم، ربما تصبح المياه الجوفية أكثر خطر من المياه السطحية وهناك مناطق بأكملها تلوثت مياهها الجوفية حتى أصبحت كالمياه الحارة أو أكثر. وذلك بتسرب مياه جد ملوثة وتسرب بعض العناصر الخطيرة إلى المياه الجوفية. وكقانون عام يجب أن نستحضر في أذهاننا أنه لا يمكن بأي وجه أن تكون صناعة في منطقة ما دون أن تفسد المياه الجوفية إطلاقاً.[52]

توزيع الماء على الكرة الأرضية

هناك نظام معقد ودقيق لتوزع المياه في الأرض، وقد وجد العلماء أن الماء موزع بين ماء ملح وماء عذب على الشكل الآتي:[53]

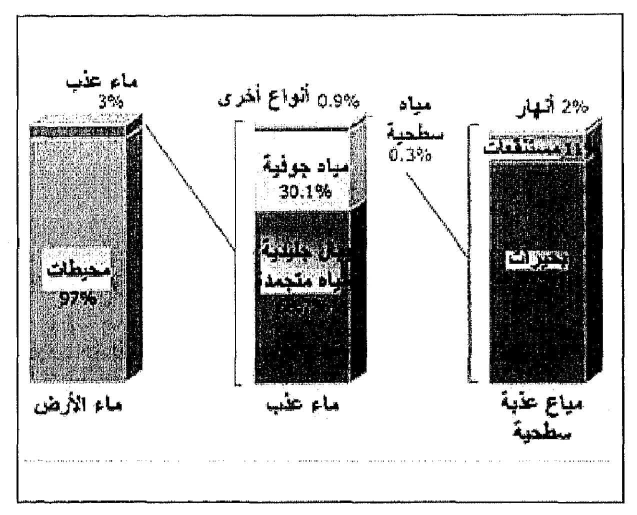
تبلغ كمية الماء على الأرض 1385 مليون كيلو متر مكعب، وتتوزع هذه الكمية كما يلي:

- 1338 مليون كيلو متر مكعب في البحار والمحيطات.
- 24 مليون كيلو متر مكعب في الجبال الجليدية والبحار المتجمدة.
- 23.4 مليون كيلو متر مكعب مياه جوفية.

[52] http://www.khayma.com/faid/water.htm

[53] (دورة الماء بين العلم والإيمان) Steve Graham, Claire Parkinson, and Mous Chahine, The water cycle, www.nasa.gov

- 16.5 ألف كيلو متر مكعب رطوبة في التربة.
- 300 ألف كيلو متر مكعب جليد أرضي.
- 176.4 ألف كيلو متر مكعب بحيرات، وتنقسم هذه البحيرات إلى بحيرات عذبة كمية المياه فيها 91 ألف كيلو متر مكعب، وبحيرات مالحة تحوي 85.4 ألف كيلو متر مكعب من الماء المالح.
- 12.9 ألف كيلو متر مكعب من المياه موجودة في الغلاف الجوي على شكل بخار ماء.
- 11.47 ألف كيلو متر مكعب من الماء موجودة في المستنقعات.
- 2.12 ألف كيلو متر مكعب أنهار.
- 1.12 ألف كيلو متر مكعب في أجسام الكائنات الحية.



الشكل رقم (3): النسب المئوية التقريبية لتوزع المياه في الأرض[54]

[54] Earth's water distribution, U.S. Geological Survey, www.usgs.gov (دورة الماء بين العلم والإيمان)

دورة الماء في الطبيعة

في هذه الدورة تتحرك المياه على سطح الأرض وفي الغلاف الجوي وفي المحيطات وتحت سطح الأرض وفي الأنهار والبحيرات وحتى في أجسام الكائنات الحية بنظام شديد التعقيد يدلّ على عظمة الصانع سبحانه وتعالى الذي يقول عن بديع صنعه: (صُنْعَ اللَّهِ الَّذِي أَتْقَنَ كُلَّ شَيْءٍ إِنَّهُ خَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ) [النمل: 88].

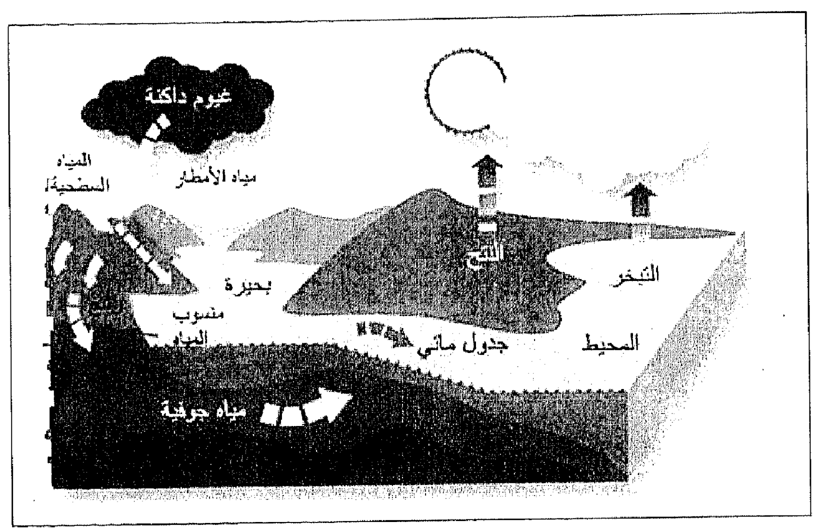
تعتبر الشمس المحرك الأساسي لدورة الماء على الأرض، حيث تقوم بتسخين الماء في المحيطات والبحار فيؤدي ذلك إلى تبخر كميات كبيرة من المياه وتحولها إلى بخار ماء خفيف يصعد إلى ارتفاعات عالية بفعل الرياح. وعندما يصل بخار الماء إلى ارتفاعات مناسبة حيث درجات الحرارة المنخفضة يبدأ بالتكثف والتجمع والتراكم مشكلاً الغيوم، هذه الغيوم سوف تُدفع بواسطة الرياح ومن ثم تتساقط الأمطار والثلوج. إن معظم الأمطار تعود فتسقط فوق المحيطات، أما الثلوج فتسقط بكميات كبيرة فوق الجبال والمياه الجليدية، وبعد ذلك يذوب قسم منها في بداية فصل الربيع ويعود إلى مياه البحر.

بالنسبة للأمطار التي تسقط على اليابسة فإنها تتسرب إلى داخل الأرض بفعل الجاذبية الأرضية، ومن ثم تتحول إلى ينابيع وأنهار. تتحرك مياه الأنهار باتجاه المحيطات وتصب فيها، ويبقى جزء كبير من الماء مختزناً تحت الأرض كمياه جوفية تشكل خزانات ضخمة تسكن في الأرض لفترات طويلة من الزمن.

وتقوم النباتات بامتصاص الماء المختزن في التربة السطحية ومن ثم ترشح هذه المياه من أسطح الأوراق وتتحرك في الغلاف الجوي لتصعد وتتكثف وتشكل غيوماً وأمطاراً.[55]

---

[55] عبد الدائم كحيل، دورة الماء بين العلم والإيمان، www.kaheel7.com



الشكل رقم (4): دورة الماء في الطبيعة[56]

مشاكل الماء في الطبيعة

الصراع على الموارد صراع أزلي قديم ضاربة جذوره في عمق التاريخ الإنساني على الأرض. وقد برز الصراع في هذا العصر نتيجة لتزايد أعداد السكان بصورة لم يسبق لها مثيل من قبل. فقد زاد سكان الأرض خلال القرنين الماضيين من 900 مليون نسمة في عام 1800م إلى أكثر من 6000 مليون نسمة في عام 2000م حسب تقديرات الأمم المتحدة، هذا يعني أن سكان العالم قد تضاعفوا أكثر من ست مرات خلال هذه الفترة. إن الزيادة السكانية بهذه الصورة المتسارعة تعني المزيد من الطلب على كل الموارد وعلى كل المستويات المحلية والإقليمية والعالمية. ويظهر لنا في الوقت الحاضر أن الدول الصناعية الكبرى هي التي تستهلك الموارد بإسراف في كل مكان، الأمر الذي أوصل الوضع بالنسبة لبعض الموارد القابلة للنضوب إلى حافة النفاد. والأرض لاشك أنها غنية بالموارد التي أودعها الله فيها

[56] env-gro.com

وأوجدها عليها وبداخلها ومن حولها بحيث يمكن لهذه الموارد أن تعول أضعاف سكان الأرض الحاليين لو تم استغلالها بشيء من الاعتدال والحكمة. وقد تكمن مشكلة الموارد في أن بعض جهات الأرض تتمتع بوفرة منها في حين أن بعضها الآخر يعاني من شحها وندرتها، مع الأخذ في الاعتبار ما توصلت إليه المجتمعات من مستويات متباينة في المجالات التقنية في استغلال الموارد. [57]

للمياه أهمية كبيرة في الحياة البشرية إذ لا يمكن لأي مجتمع من المجتمعات البشرية العيش بدونها حيث أن التجمعات البشرية الأولى كانت قد أقيمت على ضفاف الأنهار بل أن جميع الحضارات العظيمة التي قامت على مر التاريخ، كانت المياه ووجود الأنهار سبباً رئيساً في قيامها كحضارة وادي الرافدين على ضفاف نهري دجلة والفرات وحضارة وادي النيل على ضفاف نهر النيل. وقد كان البابليون يعتقدون أن الفرات إلهاً وحينما يغضب على رعيته يعاقبهم بالطوفان وكانت هذه الرعية تنذر إليه وتتضرع له لئلا يغضب عليها. وكان الفراعنة يقدمون القرابين إلى نهر النيل. وتأتي أهميتها كون أنها تستخدم للأغراض الصناعية والزراعية فضلا عن الاستخدام المنزلي. وقد ذكر عز وجل في كتابه الكريم أهمية المياه بقوله تعالى {وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاء كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ }(سورة الأنبياء، الآية30)، وقد وردت كلمة الماء ومشتقاتها في الكتاب الكريم (37) مرة.

لقد تحولت المياه في ظل تزايد معدلات النمو السكاني ومعدلات الاستهلاك والندرة الملحوظة في مصادرها إلى محور من أهم محاور الصراع الدولي في الربع الأخير من القرن الماضي، وقد تنبأ العديد من الباحثين بنشوب حروب بين الدول المتشاطئة بسبب المياه خلال القرن الحالي داعمين آرائهم بصدور العديد من الدراسات والتقارير الدولية التي تحذر من شح المياه وندرتها كتقارير البنك الدولي

---

57 السيد البشرى محمداحمد، الصراع على الموارد: أبعاده العالمية والإقليمية والمحلية، جامعة الخرطوم

والمجلس العالمي للمياه فضلاً عن المؤسسات والمراكز البحثية المتخصصة، بل يرى البعض أن قيمة المياه العذبة في المستقبل ستفوق قيمة النفط.

إن معظم الدول العربية تعاني من ندرة المياه العذبة المتجددة سنوياً، وقد وصل في عام 2006 عدد الدول العربية التي تقع تحت خط الفقر العالمي للمياه والذي حددته الأمم المتحدة بأقل من ألف متر مكعب سنوياً للفرد إلى (19) دولة.[58]

المياه في الوطن العربي

يقع الوطن العربي في المنطقة الجافة وشبه الجافة، وتخترقه من الغرب إلى الشرق صحارٍ واسعة جداً يكاد ينعدم المطر فيها، أما المناطق الساحلية والجبلية القريبة منها فإنها تتعرض لتيارات هوائية بحرية ومنخفضات جوية تسبب هطول الأمطار في فصول ومواسم محددة، ففي البلدان العربية المتشاطئة مع البحر الأبيض المتوسط، تسقط الأمطار عادة في فصل الشتاء، أما البلدان الواقعة على بحر العرب وفي بعض مناطق الجزيرة العربية وجنوب السودان فإنها تتعرض لتأثير الرياح الموسمية الصيفية الحاملة للأمطار.

تتراوح المعدلات السنوية لهطول الأمطار في الوطن العربي بين 250 -400 ملم، وتتجاوز الألف ملم في بعض مناطق جبال لبنان والساحل السوري ومرتفعات اليمن وجنوب السودان، ويسقط على الوطن العربي 2100 - 2300 مليار م^3 سنوياً. يفتقر الوطن العربي إلى الأنهار الداخلية الكبيرة، وأهم أنهاره هي النيل في مصر والسودان، والفرات ودجلة في سوريا والعراق، وهي أنهار دولية تستمد القسم الأكبر من مياهها من خارج المنطقة العربية. ينبع نهر النيل من أواسط أفريقيا وتقع في حوضه عشر دول منها ثماني في منطقة المنابع من الحوض في حين تتقاسم مصر والسودان مجرى النهر، وتعاني جميع دول حوض النيل عدا مصر من مشاكل داخلية متفاقمة وتخلف اقتصادي.

---

58 حيدر نعمة بخيت، المياه العربية:الواقع والتحديات

تتقاسم تركيا وسوريا والعراق حوضي دجلة والفرات وتتحكم تركيا بحكم موقعها بجريان المياه في النهرين، وترفض تركيا إخضاع نهري الفرات ودجلة للقانون الدولي والتوصل إلى اتفاق مع سوريا والعراق لاقتسام مياههما.

تقدر الموارد المائية العربية المتجددة بحوالي 350 مليار م^3 سنوياً، يؤَمِن نهر النيل منها84 مليار م^3، ويؤَمِن نهر الفرات منها 30 مليار م^3، ويؤَمِن نهر دجلة منها 40 مليار م^3.[59]

جدول رقم (1): الموارد المائية المتاحة في الوطن العربي لعام 2000 (مليار متر مكعب)

البلد	الموارد المائية المتاحة	البلد	الموارد المائية المتاحة
العراق	63.9	تونس	3.9
مصر	59.67	عمان	1.93
المغرب	30	الأردن	0.97
السودان	27	ليبيا	0.91
سوريا	21.45	فلسطين	0.49
الجزائر	15	جيبوتي	0.25
الصومال	11.46	الكويت	0.18
لبنان	9.05	الإمارات	0.13
موريتانيا	7.3	البحرين	0.12
السعودية	5.55	قطر	0.04
اليمن	5.05	مجموع الدول	264.52

المصدر:صندوق النقد العربي ، وآخرون ، التقرير الاقتصادي العربي الموحد ، أبو ظبي ، 2001 ، ص301 .

59 محسن الخزندار، المياه والأمن القومي العربي

مصادر المياه التقليدية في الوطن العربي[60]

أولاً: مياه الأمطار

الأمطار هي أولى مصادر المياه في العالم العربي. ومن الدول التي تعتمد عليها في بناء اقتصادها الزراعي والصناعي بصورة أساسية: المغرب والجزائر وتونس وسوريا ولبنان والعراق والصومال والسودان والأردن. ويقدر الوارد السنوي من الأمطار ما بين 2100-2300 مليار متر مكعب. وتتراوح المعدلات السنوية لهطول الأمطار ما بين 250-400 ملم، وقد تتجاوز ألف ملم في بعض المناطق، كجبال لبنان والساحل السوري ومرتفعات اليمن وجنوب السودان.

وتتوزع الأمطار في الوطن العربي على الوجه التالي:

- 60%من مياه الأمطار تتساقط في فصل الصيف، معظمها في حوض السودان والقرن الأفريقي واليمن وموريتانيا.
- 40%من مياه الأمطار تهطل في فصل الشتاء في بلاد المغرب العربي والشمال الأفريقي وبقية الدول العربية المطلة على ساحل البحر الأبيض المتوسط.

ثانياً: مياه الأنهار

يقدر معدل موارد المياه المتجددة سنوياً في العالم العربي بنحو 350 مليار متر مكعب، منها نحو 125 مليار متر مكعب، أي 35٪ منها تأتي عن طريق الأنهار من خارج المنطقة، حيث يأتي عن طريق نهر النيل 56 مليار متر مكعب، و28 مليار متر مكعب من نهر الفرات، و38 مليار متر مكعب من نهر دجلة وفروعه. وفيما يلي أهم أنهار العالم العربي:

[60] http://www.aljazeera.net

1. نهر النيل:

هو أطول أنهار العالم، يمتد من الجنوب إلى الشمال بطول 6695 كلم وينبع من بحيرة فيكتوريا، وتشترك فيه عشر دول هي: إثيوبيا والكونغو الديمقراطية (زائير سابقا) وكينيا وإريتريا وتنزانيا ورواندا وبوروندي وأوغندا والسودان ومصر. وإذا كان السودان يشكل مجرى النيل فإن مصر تمثل مجراه ومصبه بينما الدول الأخرى تكون منبعه وحوضه. وتعتبر مصر أكثر الدول احتياجاً إلى نهر النيل لموقعها الصحراوي وندرة الأمطار فيها.

2. دجلة والفرات:

ينبع نهرا دجلة والفرات من حوض الأناضول في تركيا، ويعبران تركيا وسوريا والعراق، وعندما يلتقي الفرات بنهر دجلة في القرنة شمالي البصرة يشكلان معاً شط العرب. ونهر الفرات يمتد على طول 2780 كلم من منبعه بجبال أرمينيا حتى التقائه مع دجلة، منها 761 كلم في تركيا، و650 كلم في سوريا و1200 كلم في العراق. وتعتمد سوريا على نهر الفرات بنسبة 90٪، بينما تعتمد العراق عليه كلياً. وعليه سدود عديدة منها سد طبقة في سورية وسدود الرمادي والحبانية والهندية في العراق. أما نهر دجلة فطوله 1950 كلم منها 342 كلم في تركيا و37 كلم بمثابة حدود بين سوريا وتركيا، و13 كلم بمثابة حدود بين سوريا والعراق، و1408 كلم في العراق. وينبع هذا النهر من جبال طوروس في تركيا. ومن السدود التي أقيمت عليه في العراق سد الموصل والثرثار والكوت والعمارة.

3. نهر الأردن:

نهر صغير يشكل الحدود بين فلسطين والأردن، ويمتد على طول 360 كلم ينبع من الحاصباني في لبنان، واللدان وبانياس في سورية .

يخترق سهل الحولة ليصب في بحيرة طبرية ثم يجتاز الغور وتنضم إليه روافد اليرموك والزرقاء وجالود ويصب في البحر الميت. ويحتاج لمياه هذا النهر كثير من الدول المشاركة فيه كالأردن وسوريا وفلسطين ولبنان وإسرائيل.

ثالثاً: المياه الجوفية

اعتمدت المناطق التي شهدت تجمعات بشرية قليلة على المياه التي تنساب عبر الصخور في المناطق المرتفعة لتخرج على شكل ينابيع، وهي تسمى "واحات" في شمال أفريقيا و"عيوناً" في الشرق الأوسط و" أفلاجاً" في جنوب شبه الجزيرة العربية. كانت هذه الموارد كافية للمجتمعات القليلة الانتشار والعدد في الماضي، ولكن كميات كبيرة من المياه تم ضخها مؤخراً من الآبار العميقة، حيث تراجعت طبقات المياه الجوفية، ما أعطى انطباعاً باستنزاف هذه الموارد. من أسباب الاعتقاد الشائع بمحدودة المياه الجوفية: أولاً، حفر عدد كبير جداً من الآبار في مواقع متقاربة، وفي معظم الحالات إلى العمق نفسه. ثانياً، ضخ المياه ميكانيكياً بمعدلات أعلى بكثير من معدل حركة المياه في مسام الصخور. وقد نتجت هذه الممارسات من غياب المعرفة ببيئة المياه الجوفية، سواء من قبل المسؤولين الرسميين أو المزارعين المحليين. وساهمت هذه الممارسات ونتائجها في شيوع الاعتقاد الخاطئ بأن موارد المياه الجوفية لا يمكن الاعتماد عليها، وأنها استنزفت في جزء كبير من العالم العربي. ولكن الواقع هو أن موارد المياه الجوفية تكون أكثر وفرة لو تم ترسيمها بدقة واستخدامها بحكمة وإدارتها بشكل سليم.

تبدأ قصة المياه الجوفية عندما تتجمع مياه الأمطار على سطح الأرض. الجاذبية هي القوة الدافعة لهذا الحراك، حيث تنتقل المياه من المناطق الأعلى إلى الأقل ارتفاعاً فوق الصخور وخلالها. والمياه الموجودة تحت السطح تكون محمية من السخونة والتبخر بفعل أشعة الشمس، وبالتالي تبقى محتجزة في بنية الصخور لآلاف

السنين. وخلال رحلتها عبر الصخور، تنتقل عبر النفاذية الأولية أي المساحات المفتوحة بين حبيبات الصخور، و/ أو النفاذية الثانوية التي تحدث بتكسر الصخور أو تصدعها. يعتقد كثيرون في العالم العربي أن المياه تحت سطح الأرض موجودة على شكل بحيرات أو أنهار جوفية. لكنها في الحقيقة موجودة في الفراغات بين حبيبات الصخور أو في الشقوق. الصخور التي تتكون بشكل أساسي من حبيبات رملية متجاورة، أو الصخور الرملية، وصخور أخرى مثل الحجر الجيري أو الكلسي، تتواجد فيها فراغات غير متجانسة ولكن مترابطة تسمح بمرور المياه. في بعض الحالات، تتكون فراغات كبيرة من خلال تذويب الصخور الحاضنة، فتت شكل الكهوف المائية. وتنساب المياه في هذه الصخور لتنتقل من المناطق العالية إلى المنخفضة. وتحتوي الصخور الجيرية على مواد كيميائية قابلة للذوبان، فتقوم المياه العابرة بإذابة الأملاح. وفي حالات غير عادية يؤدي ذوبان الأملاح في الصخور الحاضنة إلى جعل المياه أكثر ملوحة من مياه البحار.[61]

يقدر مخزون المياه الجوفية في العالم العربي بنحو 7734 مليار متر مكعب، يتجدد منها سنوياً 42 ملياراً، ويتاح للاستعمال 35 مليار متر مكعب. وهناك موارد مياه جوفية كبيرة غير متجددة. ومصادر المياه الجوفية هي مياه الأمطار، وهي المصدر الرئيسي لتلك المياه، وماء الصهير وهو الماء الذي يصعد إلى أعلى بعد مراحل تبلور الصهير المختلفة، والماء المقرون وهو الماء الذي يصاحب عملية تكوين الرسوبيات في المراحل المبكرة ويحبس بين أجزائها ومسامها.

[61] الاستشعار عن بعد لاستكشاف المياه الجوفية في العالم العربي، البيئة العربية: المياه، ص202-203

جدول رقم (2):الأحجام السنوية للمياه الجوفية المنتجة داخلياً والداخلة إلى البلاد[62]

الدولة	منتج داخليًا (كلم³/سنة)	داخل إلى البلاد (كلم³/سنة)	إجمالي المياه المتجددة (كلم³/سنة)	إجمالي المياه المتجددة (م³/للفرد)
الجزائر	1.487	0.030	1.517	43
البحرين	0.000	0.112	0.112	142
جزر القمر	1.000	0.000	1.000	1479
جيبوتي	0.015	0.000	0.015	17
مصر	1.300	0.000	1.300	17
العراق	3.200	0.080	3.280	107
الأردن	0.450	0.270	0.720	114
الكويت	0.000	0.020	0.020	7
لبنان	3.200	0.000	3.200	758
ليبيا	0.500	0.000	0.500	78
موريتانيا	0.300	0.000	0.300	91
المغرب	10.000	0.000	10.000	316
عمان	1.300	0.000	1.300	457
الضفة وغزة	0.740	0.010	0.750	181
قطر	0.056	0.002	0.058	41
السعودية	2.200	0.000	2.200	86
الصومال	3.300	0.000	3.300	361
السودان	7.000	0.000	7.000	179
تونس	1.495	0.100	1.595	154
الإمارات	0.120	0.000	0.120	26
اليمن	1.500	0.000	1.500	64

المصدر: FAO AQUASTAT Database

[62] أوضاع الأنظمة البيئية للمياه العذبة في البلدان العربية، البيئة العربية: المياه، الفصل الثالث، ص45

وتتوزع المياه الجوفية على ثلاثة أحواض كبيرة هي:

1. حوض النوبة بين مصر وليبيا والسودان ويمتد إلى شمال تشاد وتصل مساحته إلى نحو 1.8 مليون كلم مربع منها 150 ألف كلم مربع تحت ارتوازية. ويقدر حجم مخزون هذا الحوض بنحو عشرين ضعفاً من الإمدادات السنوية المتجددة في العالم العربي. ويرتفع منسوب مياهه في أطرافه الشرقية لتشكل الواحات الداخلة والخارجة والفرافرة في مصر، أما في ليبيا فيوجد النهر الكبير وهو نهر اصطناعي ينقل مليوني متر مكعب يومياً من مياه هذا الحوض إلى الساحل الليبي. ويقدر له أن يروي نحو 180 ألف هكتار من الأراضي الزراعية، كما يأمل القائمون على المشروع.
2. حوض العرق الشرقي الواقع جنوب جبال الأطلس في الجزائر ويمتد إلى تونس بمساحة أربعمائة ألف كلم مربع وهو حوض ارتوازي. ويقدر مخزونه بنحو أربعة أضعاف الإمدادات المتجددة من المياه في المنطقة العربية.
3. حوض الديسي ويقع بين الأردن والسعودية وتبلغ مساحته نحو 106 آلاف كلم مربع، وتستفيد منه السعودية استفادة عملية.

رابعاً: مياه الأودية الموسمية والبحيرات الطبيعية

تنتشر في الوطن العربي شبكات من الأودية الموسمية المتباينة في كثافتها تبعا لطبوغرافية ونوع التربة والبيئة السائدة، وكمية هطول الأمطار السنوي، ويتجاوز عدد هذه الأودية مئات الآلاف. وتجري هذه الأودية لفترات محدودة في السنة، بعضها يجري لعدة ساعات والبعض الآخر لعدة أيام أو شهور. ولا توجد دراسات موثقة تقيس كميات المياه التي توفرها هذه الأودية، إلا أن مظاهر السيول التي شهدتها تلك الأودية تشير إلى أن لها إمكانيات مائية لا يستهان بها، تتجاوز في مجموعها عشرات المليارات من الأمتار المكعبة.

المصادر غير التقليدية للماء في الوطن العربي

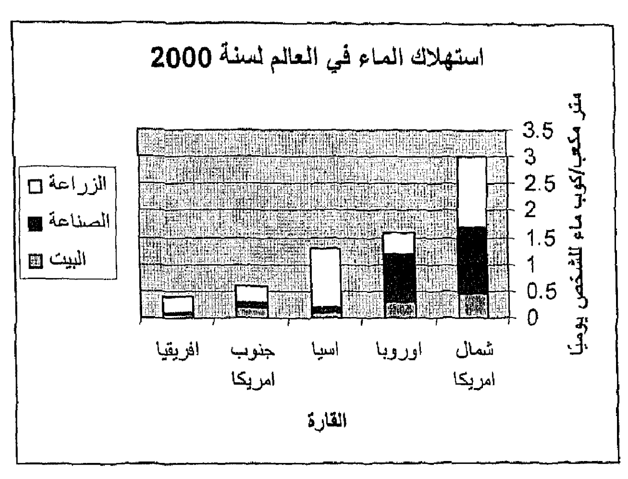
نعني بالمصادر غير التقليدية أنها تحتاج إلى تقنيات ومعالجات لنحصل عليها وسنتحدث عنها لاحقاً بتفصيل دقيق.

1. تحلية المياه.
2. معالجة المياه.

يحتاج الإنسان إلى 3.5 لتر ماء يوميًا للقيام باحتياجاته الأساسية. استهلاك الماء في الغسيل، الجلي وتنظيف البيت يزيد كمية الماء لتصل إلى 50 لتر ماء للشخص يوميًا، وهذا ما يستهلك في الدول النامية. مع الارتفاع في مستوى الحياة يرتفع أيضًا استهلاك الماء. استعمال الماء في المراحيض، الغسالات، في الحدائق الخاصة وبرك السباحة يزيد من استهلاك الماء بشكل كبير. مثلا استهلاك الماء في الولايات المتحدة يصل إلى 450 لتر ماء للشخص الواحد في اليوم الواحد، كلما كانت الدولة متطورة أكثر من ناحية صناعية يزيد استهلاك الماء أكثر.[63]

يبين الرسم التالي توزيع استهلاك الماء في القطاعات المختلفة، الزراعية، الصناعية والبيتية في قارات العالم.

[63] من الإنترنت



الشكل رقم (5): استهلاك الماء في العالم لسنة 2000

في الدول النامية لا توجد مياه جارية إلى البيوت، ويجب بذل مجهود لإحضار الماء من أماكن بعيدة. لذلك من الممكن أن لا تكون هذه المياه صحية وتسبب إلى أمراض مختلفة.

المشاكل والتحديات التي تواجه المياه في الوطن العربي

أولاً: التلوث

بصورة عامة يقسم التلوث المائي إلى أربعة أنواع الأول هو التلوث البيولوجي والذي ينجم عن احتواء المياه على الكائنات الحية كالبكتريا والفيروسات والطفيليات والطحالب، وتنتج هذه الملوثات في الغالب نتيجة اختلاط فضلات الإنسان والحيوان بالماء. والثاني هو التلوث الكيماوي وينتج هذا التلوث غالباً عن ازدياد الأنشطة الصناعية أو الزراعية بالقرب من المسطحات المائية مما يؤدي إلى تسرب المواد الكيميائية المختلفة إليها، كالأملاح المعدنية والأحماض والأسمدة والمبيدات. والنوع الثالث هو التلوث الفيزيائي وينتج عن تغير المواصفات القياسية للماء عن طريق تغير درجة حرارته أو نسبة ملوحته أو زيادة نسبة المواد العالقة به سواء كانت من أصل عضوي أو غير عضوي، وتنتج زيادة نسبة ملوحة الماء على

الأرجح نتيجة ازدياد كميات التبخر لمياه البحيرات أو الأنهار في المناطق الجافة دون تجديد لها. والنوع الأخير هو التلوث الإشعاعي ومصدر هذا التلوث يكون على الأغلب عن طريق التسرب الإشعاعي من المفاعلات النووية أو عن طريق التخلص من هذه النفايات في البحار والمحيطات والأنهار، وفي الغالب لا يحدث هذا التلوث أي تغيير في صفات الماء الطبيعية مما يجعله أكثر الأنواع خطورة،حيث تمتصه الكائنات الموجودة في هذه المياه على الأغلب ثم تنتقل إلى الإنسان أثناء تناول هذه الأحياء فتحدث فيه العديد من التأثيرات الخطيرة منها الخلل والتحولات التي تحدث في الجينات الوراثية.[64]

تعد ملوثات المياه ملوثات مختلفة من مصادر عديدة تصل إلى الجداول والمجمعات المائية. قسم من هذه الملوثات تصل إلى التربة وتتغلغل حتى تصل إلى المياه الجوفية. تتجمع المواد السامة غير القابلة للتحليل في المياه الجوفية حيث تصبح غير صالحة للاستعمال. عملية تنقية وتطهير المياه الجوفية باهظة جدًا، والفترة الزمنية لوصول الملوثات إلى المياه الجوفية طويلة جدًا ولذلك تحويل الآبار الجوفية إلى آبار غير صالحة للاستعمال ممكن أن يستمر سنوات عديدة. هنالك عدة مصادر لتلوث المياه منها:

1. المجاري المدنية، التي تحتوي على مواد عضوية، بكتيريا، مواد تنظيفية وأملاح معدنية. قسم من هذه المجاري يُطهر في أجهزة خاصة وقسم آخر يُلقى إلى الأنهار، البحر أو إلى التربة حيث يصل إلى المياه الجوفية.
2. المجاري الصناعية وتحتوي على مواد عضوية، أملاح، معادن ثقيلة، حوامض ومواد تنظيف قوية. هذه المجاري لا يمكن تطهيرها في الأجهزة العادية ولذلك يمنع إلقائها في أنابيب المجاري البيتية.

[64] حيدر نعمة بخيت، المياه العربية:الواقع والتحديات، ص 14

3. الزراعة: يتم اليوم استعمال مبيدات كيماوية وأسمدة كيماوية للقضاء على الآفات وللحصول على منتوجات زراعية أكبر وبكمية أكثر. هذه المواد ممكن أن تصل في النهاية إلى المياه الجوفية وإلى المجمعات المائية. أيضًا الفضلات الناتجة من تربية الدواجن والطيور ممكن أن تلوث المياه الجوفية والسطحية.
4. عصارة النفايات الصلبة: قسم من النفايات يصل إلى مكبات نفايات مفتوحة أو مدفونة. السوائل الناتجة من هذه النفايات والتي تدعى العصارة ممكن أن تصل إلى المياه الجوفية، وهذه بالطبع تحتوي على مواد سامة ومعادن ثقيلة وغيرها.
5. الضخ الزائد: ضخ المياه الجوفية أو السطحية أكثر من الكمية التي تهطل خلال فصل الشتاء تؤدي إلى زيادة ملوحة الماء وعدم صلاحيتها للاستعمال.
6. تأثير عملية الري: المياه المستعملة للري إما مياه جوفية، مياه سطحية أو مياه عادمة مكررة تحتوي على الأملاح. المياه تتبخر والأملاح تبقى في التربة وتصل في النهاية إلى المياه الجوفية.

ملوثات البحارتصل مباشرة إلى البحر أو عن طريق الأنهار التي تصب فيه.
هنالك خمسة عوامل أساسية لتلوث البحار:

1. النفط والزيوت: سبب هذا التلوث ناقلات البترول، التي ممكن أن تخسر البترول نتيجة خلل أو نتيجة تصادم. إذا كان البحر مغلقًا يكون التلوث أشد بسبب عدم تبادل المياه.
2. المجاري: المجاري التي تصل من اليابسة هي الملوث الأساسي والصعب لمياه البحار خاصة مياه البحر الأبيض المتوسط. مصدر هذه المجاري من الصناعة أو من البيوت، التي مرت بتطهير جزئي أو بدون تطهير. وصول

المجاري البيتية إلى البحار يؤدي إلى تلوثات بكتيرية تسبب الأمراض ولذلك تمنع السباحة وتضر بالزراعة البحرية. المجاري الصناعية تحتوي على حوامض، أملاح معدنية ومعادن ثقيلة مثل الزئبق، الرصاص،الكادميوم وغيرها. هذه المواد سامة للحيوانات وللنباتات حتى بتركيز منخفض. في سنة 1990 تم نشر التعليمات لمنع تلوث البحار من مصادر في اليابسة. هذه التعليمات تفصل المواد الممنوعة من الوصول إلى البحر وبين طريقة الحصول على تصريح لسكبها في البحر. تصل هذه النفايات بواسطة أنبوب على بعد كبير من الشاطئ.

3. النفايات الصلبة: أحد الملوثات المضرة في البحار والشواطئ ويشمل أكياس النايلون، الرزم البلاستيكية، القناني وبقايا الغذاء. مصدر هذه النفايات من الجرافها من مكبات النفايات غير القانونية، نفايات من السفن، ومن النفايات التي يبقيها المستجمون. المشكلة الأساسية هي أكياس النايلون التي تؤدي إلى موت الثدييات البحرية.

4. المواد الكيماوية: افترضوا في السابق أن البحر ممكن أن يكون موقعاً لدفن المواد الكيماوية السامة والمواد المشعة. هذه المواد تتراكم في الطبقة العليا للبحر وتؤدي إلى موت الكائنات الحية فيه. من بين المواد الكيماوية ممكن أن نجد المعادن الثقيلة ومركبات عضوية مسرطنة. في سنة 1984 تم وضع تعليمات منع تلوث البحر، التي تنظم معالجة إلقاء النفايات في البحر وقائمة المواد المسموح أو الممنوع إلقائها. إلقاء النفايات يتم في مواقع بعيدة وعلى عمق 1400 متر.

5. التلوث الحراري: تستعمل مياه البحر لتبريد الطوربينات في محطات توليد الكهرباء. هذه المياه تعاد إلى البحر ودرجة حرارتها أعلى بـ 10-20 درجة مئوية من درجة حرارة البحر. هذا بالطبع يرفع من درجة حرارة

الماء ويقلل من ذوبان الأكسجين فيها. ارتفاع درجة الحرارة في الماء يزيد من نشاط الكائنات (يزيد معدل التنفس) وفي نفس الوقت يقل تركيز الأكسجين. تقليل الأكسجين يؤدي إلى ظروف لاهوائية وإنتاج روائح كريهة.

6. المطر الحامضي: يقلل من pH الماء ويؤثر على الكائنات الحية. هذا التأثير ينبع من مناطق صناعية ممكن أن تكون بعيدة آلاف الكيلومترات عن موقع الإصابة.

مقاييس ومعايير لجودة مياه الشرب

هنالك عدة استعمالات للماء مثل مياه للشرب للإنسان والحيوان، مياه للري، للبيوت تنمية للكائنات وأيضًا في الصناعة لتبريد المحركات والطوربينات وكمادة متفاعلة في الصناعة.

إن المصطلح جودة المياه يختلف ويتعلق باستعمال الماء المذكور أعلاه. مثلاً المياه التي تناسب استعمال معين لا تناسب استعمالاً آخر. إذا كان تركيز الأملاح في الماء 300 ملغم/ لتر، فإنها تصلح للشرب ولكنها لا تصلح لري أشجار الأفوكادو. إذا كانت المياه تحتوي على عدد قليل من البكتيريا فلا تصلح للشرب ولكنها تصلح لاستعمالات في الصناعة.

هنالك عدة ملوثات موجودة في المياه الطبيعية، ولا يوجد لدينا مياه نقية تمامًا، حتى مياه الأمطار تذيب في طريقها الغبار والغازات الموجودة في الجو.

جزء من هذه الملوثات قابل للذوبان في الماء حيث معروف أن الماء مذيب جيد لأغلب المواد. جزء آخر من الملوثات غير قابل للذوبان في الماء، وهذه الملوثات تدعى بالمواد العائمة وتقسم إلى قسمين: الملوثات التي ترسب بالماء وبعد ذلك تبقي الماء شفافًا، وقسم آخر تبقى الجزيئات عائمة في الماء لفترة طويلة وتغير من شكل الماء حيث يكون غير شفاف وهذه الملوثات تدعى قلوية، مثل الطحين والخميرة.

هنالك عدة مقاييس لقياس جودة المياه، منها الفيزيائية، الكيماوية ، البيولوجية والإشعاعية.

مقاييس فيزيائية

1. درجة الحرارة: تؤثر درجة الحرارة بشكل خاص على العمليات البيولوجية التي تحدث في الماء مثل عمليتي التنفس والتمثيل الضوئي. كما هو معروف كلما ارتفعت درجة الحرارة ينخفض تركيز الأكسجين المذاب بالماء، ومن جهة أخرى يرتفع معدل عمليات الأيض للكائنات الحية مما يزيد من كميتها. أحد الأسباب لتغيير درجة الحرارة هو الارتفاع العام في درجة الحرارة الناتج من الاحتباس الحراري، ولكن أيضًا نتيجة ما يسمى بالتلوث الحراري. ينتج التلوث الحراري من محطات توليد الطاقة والمصانع حيث يقومون بسحب المياه من المجمعات المائية (البحار، البحيرات والأنهار) لتبريد الطوربينات والمحركات وإرجاع هذه المياه بعد ارتفاع درجة حرارتها مرة أخرى إلى المجمعات المائية. هذا يؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء في هذه المجمعات. بما أن بعض الكائنات تتأقلم مع درجة حرارة معينة، فإن ارتفاع درجة حرارة الماء يؤثر سلبيًا على هذه الكائنات مما يقلل من تكاثرها أو يؤدي إلى هجرتها أو إلى موتها وبالتالي يقل عددها في هذه المجمعات.
2. العكورة: إن الأجسام الصلبة غير القابلة للذوبان في الماء مثل ذرات الرمل، الطحالب، البكتيريا وغيرها تؤدي إلى تعكر الماء. هذا التعكر يقلل من دخول أشعة الشمس إلى المجمع المائي وبالتالي تقل عملية التمثيل الضوئي. تقليل عملية التمثيل الضوئي يقلل من تركيز الأكسجين ويزيد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الماء وهذا يؤثر على الكائنات التي تعيش بالماء. ممكن قياس التعكر بجهاز يقيس أشعة الضوء التي تمر من المياه أو

بواسطة استعمال صفيحة سكي. هذه الصفيحة مدهونة بمثلثات سوداء وأخرى بيضاء. يتم إدخال الصفيحة إلى الماء حتى لا نستطيع رؤية الألوان، ثم نقيس عمق الماء عند اختفاء الألوان. كلما اختفى اللون بعمق أقل معناه أن التعكر مرتفع جدًا. يعبر عن التعكر بوحدات NTU.

3. لون، وطعم ورائحة: كما ذكرنا لا لون ولا طعم ولا رائحة للماء، ولذلك وجود أي صفة من هذه الصفات تدل على وجود مواد مختلفة تلوث الماء. مثلاً وجود معادن مثل الحديد يغير من لون الماء، وجود مواد عضوية تتحلل لاهوائيًا في الماء تعطي رائحة كريهة.

مقاييس كيميائية

يعبر عن هذه المقاييس بتركيز للمواد المختلفة الموجودة في الماء مثل تركيز الأملاح، تركيز النيترات والفوسفات وتركيز الأكسجين بوحدات ملغم/ لتر.

1. الملوحة: هنالك أملاح ذائبة بالماء وعند ذوبانها تتأين إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة. إن الملح الأكثر انتشارًا في الماء هو ملح الطعام أو كلوريد الصوديوم (NaCl)، ولذلك يعبر عادةً عن تركيز الملوحة بتركيز الكلور. إن مصدر الأملاح الموجودة في الماء هو إما بشكل طبيعي من إذابة الصخور أو الأملاح الموجودة في التربة، وإما بتدخل الإنسان حيث يزيد هذه الأملاح عن طريق استعمال الأسمدة الكيماوية أو سكب مياه المجاري في المجمعات المائية. هنالك قدرة معينة لتأقلم الكائنات الحية لتركيز معين من الأملاح ولكن زيادة هذا التركيز تؤدي إلى موتها.

2. النيترات والفوسفات: كما هو معروف تحتوي النيترات على النيتروجين والفوسفات على فوسفور، وتصل هذه المواد إلى المجمع المائي عن طريق جرف المواد العضوية وتحليلها بالماء. كذلك تتواجد الفوسفات بشكل خاص في مياه المجاري البيتية حيث تشكل مركبًا من مواد التنظيف في

البيت. تحتوي المواد العضوية الزلالية على النيتروجين وتحتوي الحوامض النووية (DNA,RNA) على النيتروجين والفوسفات، لذلك أي زيادة بتركيز هذه المواد يؤدي إلى زيادة تكاثر الكائنات الحية النباتية في الماء خاصةً الطحالب، وهذا يسمى بازدهار الطحالب. هذه الظاهرة تحجب أشعة الشمس عن الماء، مما يقلل من عملية التمثيل الضوئي للنباتات والطحالب في الماء، يقل تركيز الأكسجين وتموت أغلب الكائنات حيث تحلل تحليلاً لاهوائيًا وتنتج غازات سامة وروائح كريهة. ضرر آخر للنيترات في مياه الشرب أنها تتصل مع مادة الهيموغلوبين الموجودة في خلايا الدم الحمراء وتعيق عملية نقل الأكسجين وتؤدي إلى مرض الازرقاق وهذا المرض يصيب بشكل خاص الأطفال.

3. الأكسجين: إن الكائنات التي تعيش في الماء بحاجة إلى تركيز معين من الأكسجين والتركيز الأدنى لوجود حياة في الماء هو 4 ملغم/ لتر، أي بأقل من هذا التركيز أغلب الكائنات لا تستطيع أن تعيش. بعض الكائنات بحاجة إلى تركيز أكسجين أعلى من ذلك. يعتبر الأكسجين عاملا محددًا في الماء وهو يقرر نوع وعدد الكائنات التي تستطيع العيش في الماء. يصل الأكسجين إلى الماء بطريقتين أساسيتين: بواسطة الانتشار من الهواء وبواسطة عملية التمثيل الضوئي. يتأثر ذوبان الأكسجين بالماء بعدة عوامل. يبين الجدول التالي العوامل التي تؤثر على ذوبان الأكسجين في الماء وطريقة تأثيرها؛ حيث إذا كانت العلاقة عكسية بمعنى أن العامل ازداد، قل تركيز الأكسجين، وإذا كانت طردية ازداد تركيز الأكسجين.

الجدول رقم(2): العوامل المؤثرة على ذوبان الأكسجين

العامل	طريقة التأثير
مواد عضوية	علاقة عكسية
درجة الحرارة	علاقة عكسية
عمق الماء	علاقة عكسية
كثرة الكائنات	علاقة عكسية
سرعة الجريان	علاقة طردية
الضغط الجوي	علاقة طردية
سطح التلامس	علاقة طردية
كائنات منتجة	علاقة طردية
ساعات اليوم	علاقة طردية

الجدول التالي يبين العلاقة بين الارتفاع في درجة الحرارة وذوبان الأكسجين في الماء.

جدول رقم(3): ذوبان الأكسجين في الماء في درجات حرارة مختلفة

درجة الحرارة (C^0)	ذوبان الأكسجين (ملغم/ لتر)
0	14.6
5	12.7
10	11.3
15	10.1
20	9.1
25	8.3
30	7.5

4. الـ pH: وهو مقياس لدرجة حامضية أو قاعدية الماء. إن مقياس الـ pH هو من مجال 0-14 حيث pH = 7 هو متعادل وأقل من 7 حامضي أما أكثر من 7 فهو قاعدي. يتعلق pH الماء بعوامل مختلفة أهمها ثاني أكسيد الكربون CO_2. يذوب ثاني أكسيد الكربون بالماء مكونًا حامض الكربونيك

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

يتعلق تركيز ثاني أكسيد الكربون بساعات اليوم، فمثلاً خلال النهار تحدث عملية التمثيل الضوئي فيُستغل ثاني أكسيد الكربون ويقل تركيزه، مما يؤدي إلى ارتفاع نسبي للـ pH، أما في الليل حيث لا تتم عملية التمثيل الضوئي فينتج ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التنفس الذي يذوب في الماء مكونًا الحامض مما يقلل من قيمة الـ pH نسبيًا.

5. عسر الماء: يبين عسر الماء مجموع تركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم في الماء. كلما احتوى الماء على تركيز أعلى لهذه الأيونات كلما ارتفع عسر الماء، وهذا يؤدي إلى ترسبات في الأملاح المتكونة خاصّة في أنابيب الماء وأوعية مختلفة تستعمل في البيوت وفي الصناعة (مثل الغسالة والمسخن الكهربائي).

6. معادن ثقيلة: إن مصدر هذه المعادن ممكن أن يكون طبيعياً عن طريق ذوبان الصخور أو صناعياً بواسطة المجاري الصناعية. هذه المعادن تؤثر على الصحة وعلى البيئة. تتراكم هذه المعادن في الجسم حيث تنتقل بواسطة السلسلة الغذائية وهذا يسمى بالتضخم البيولوجي. الأضرار الناتجة من تراكم المعادن الثقيلة تؤثر على أجهزة مختلفة في الجسم أهمها جهاز الأعصاب. مثال على التضخم البيولوجي: تركيز معدن معين في الماء هو 0.000003 جزء/ المليون، تركيزه بالعائمات النباتية يصبح 0.04

(جزء بالمليون)، أما بالعائمات الحيوانية يصل إلى 0.2 (جزء بالمليون) وفي الأسماك والعصافير يصل إلى 20 (جزء بالمليون) وهذا التركيز يصبح أعلى في الإنسان.

مقاييس بيولوجية

1. مواد عضوية: مصدر المواد العضوية في الماء من الكائنات الحية، الكائنات الميتة وإفرازات الكائنات الحية، إضافةً إلى مياه المجاري. هذه المواد العضوية الطبيعية ولكن ممكن أن تحتوي المياه على مواد عضوية اصطناعية (أي من صنع الإنسان)، مثل بعض أنواع الوقود ومبيدات كيماوية. إن وجود كمية كبيرة من المواد العضوية في الماء هو دلالة على وجود تلوث كبير في الماء وتصبح هذه المياه غير صالحة للاستعمال. يتم قياس المواد العضوية الطبيعية في الماء بواسطة فحص استهلاك الأكسجين البيوكيميائي (BOD)، أما جميع المواد العضوية (الطبيعية والاصطناعية) فيتم قياسها بواسطة استهلاك الأكسجين الكيماوي.

فحص استهلاك الأكسجين البيوكيميائي يتم بالطريقة التالية: نعبئ قنينة من الماء المراد فحصه، ونقيس تركيز الأكسجين في الماء. نغلق هذه القنينة لعدم دخول الهواء إليه، ونضعها لمدة خمسة أيام في الظلام وفي درجة حرارة 20 درجة مئوية. بعد مرور خمسة أيام نقيس تركيز الأكسجين مرة أخرى. إن قيمة استهلاك الأكسجين البيوكيميائي (والتي يعبر عنها بوحدات ملغم أكسجين/ لتر) هي الفرق بين تركيز الأكسجين في الفحص الأول وبين تركيزه في الفحص الثاني. مثال على ذلك إذا كان تركيز الأكسجين في الفحص الأول 25 ملغم/ لتر وبعد خمسة أيام انخفض التركيز إلى 10 ملغم/ لتر، تكون قيمة استهلاك الأكسجين البيوكيميائي 15 ملغم/ لتر.

إن فحص استهلاك الأكسجين البيوكيميائي يمثل كمية المواد العضوية القابلة للتحليل بواسطة الكائنات الدقيقة. ولكن هنالك مواد عضوية غير قابلة للتحليل، أو ممكن أن يتواجد في الماء مواد سامة تعيق عملية التحليل ففي هذه الحالة يتم استعمال فحص استهلاك الأكسجين الكيماوي. في هذا الفحص يتم إضافة مادة كيماوية للماء تتفاعل مع جميع المواد العضوية الموجودة في الماء وتحللها. إن كمية المادة الكيماوية المستهلكة هي مقياس لكمية المواد العضوية في الماء. ممكن ترجمة هذه القيمة إلى وحدات استهلاك أكسجين بهدف المقارنة مع قيمة استهلاك الأكسجين البيوكيميائي.

2. كائنات دقيقة مسببة للأمراض: تحتوي المياه الطبيعية عادةً على كائنات دقيقة غير مسببة للأمراض والتي تصل إليها من التربة. ملوثات بكتيرية ممكن أن تصل إلى المياه عن طريق إفرازات الحيوانات والإنسان، والتي تحتوي على بكتيريا، فيروسات وطفيليات مسببة للأمراض. إن شرب هذه المياه أو أي اتصال فيها ممكن أن تسبب أمراضًا متنوعة مثل التهاب الكبد الفيروسي، مرض الكوليرا، الدزنطاريا، التيفوس، أمراض في الأمعاء، أمراض جلدية وغيرها. هذه الأمراض تؤدي إلى موت الكثير من الأشخاص وبشكل خاص الأطفال. إن الطرق لفحص وجود هذه البكتيريا المسببة للأمراض معقدة، بطيئة وباهظة الثمن. لذلك ممكن فحص وجود هذه الكائنات في الماء بطريقة غير مباشرة وبسيطة وسهلة الاستعمال وذلك بواسطة عد البكتيريا المعروفة باسم E. Coli. هذه البكتيريا هي قولونية تعيش بشكل دائم داخل أمعاء الإنسان والحيوان دون أن تسبب أي ضرر، بل بالعكس تزود الإنسان بالفيتامينات من نوع B. إن وجود هذه البكتيريا (E. Coli) في الماء هي دلالة على وجود

إفرازات للإنسان أو للحيوان في هذه المياه ولذلك هنالك إمكانية لوجود بكتيريا مسببة للأمراض أيضًا. إن بكتيريا E. Coli تشكل مؤشر على إن الماء ممكن أن يكون ملوثًا بكائنات مسببة للأمراض.

يبين الجدول التالي معيار وجود بكتيريا قولونية في الماء وذلك حسب الاستعمال:

الجدول رقم(4): معيار وجود بكتيريا قولونية قي الماء

استعمال الماء	أعلى تركيز مسموح به لبكتيريا قولونية في 100 ملل ماء
ماء للشرب	0
ماء لبرك السباحة	100
مياه للسباحة في شواطئ البحار	200
مياه للترفيه والاستجمام بدون لتصال مباشر مع الانسان	1000

مقاييس إشعاعية

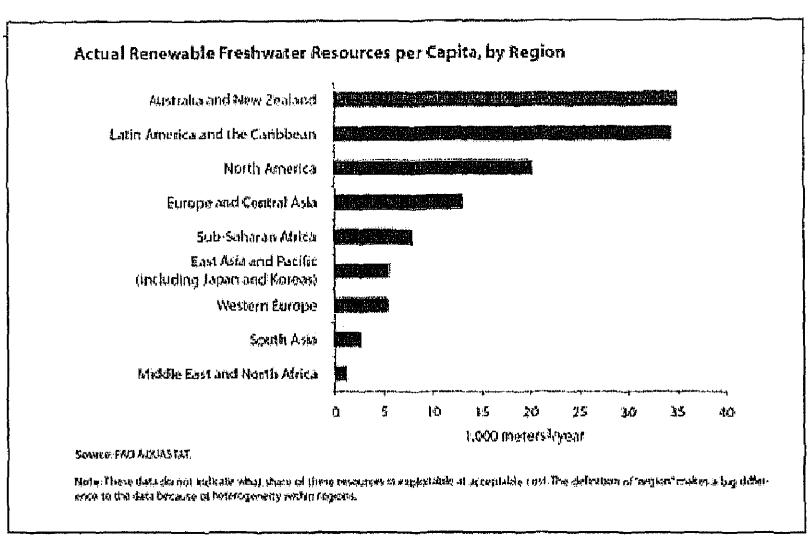
المواد المشعة هي المواد التي تطلق إشعاعًا منها. هنالك احتمال لتلوث المياه بمواد مشعة. مصدر هذه المواد إما بشكل طبيعي من ذوبان صخور مشعة أو بواسطة الإنسان عن طريق إلقاء المواد المشعة المستعملة في المستشفيات والمختبرات إلى الماء. إن التعرض لكمية معينة من هذا الإشعاع ممكن أن يحدث طفرات في مبنى المادة الوراثية (DNA) أو أن يؤدي إلى مرض السرطان.

ثانياً: نقص المياه والصراع عليها

بالرغم من أن المياه منتشرة في الطبيعة، المياه المتوافرة لاستعمال الإنسان قليلة جدًا. ولذلك تتحول الماء من مورد متجدد إلى مورد قابل للانتهاء. هذا التحول نتج للأسباب التالية:

- زيادة الاستهلاك للاستعمال الشخصي، للزراعة وللصناعة.
- ارتفاع في مستوى الحياة بسبب التطور التكنولوجي يؤدي إلى زيادة الطلب للماء للاحتياجات المختلفة.
- زيادة التلوث للماء والذي يقلل من كمية المياه الصالحة للاستعمال.

لهذا السبب في مناطق مختلفة تحول الماء إلى مورد قابل للانتهاء، لأن معدل تجديده أقل بكثير من معدل استهلاكه.



الشكل رقم(6): كمية مياه العذبة المتوفرة للفد في منطقة معينة[65]

[65] إدارة الطلب على المياه، www.idrc.ca/wadimena

إن الوضع المائي في المنطقة والعالم حرج بسبب حدة الخلافات حول تقسيم المياه، مما أثار قلقاً دولياً حيال هذه المسألة، انعكس وبشكل واضح في عدة مناسبات وفي عدة مؤتمرات عقدت لدراسة هذه المشكلة وامكانية وضع الحلول المناسبة لها، فقد عقد مؤتمر (قمة الأرض) في (ريودوجانيرو) في البرازيل ومؤتمر (برلين) ومؤتمر السكان في »القاهرة« وكذلك مؤتمر (اسطنبول) وغيرها من المؤتمرات التي تكررت فيها تحذيرات منظمة الأمم المتحدة للعالم من نقص المياه والتلوث البيئي في المدن الكبرى على وجه الخصوص.

فقد أشار التقرير الافتتاحي لمؤتمر إسطنبول إلى أن أكثر من مليار ونصف المليار (من البشر) سيواجهون في العام (2025) ظروفاً تهدد حياتهم وصحتهم بالخطر إذا لم يتم إتخاذ تدابير جذرية لحل المشكلات المتفاقمة في هذا المجال وانعكاسات ذلك على زيادة الفقر والتشرد والبطالة وانهيار القيم الاجتماعية لمجاميعهم الكبيرة.

لقد قدر التقرير عدد الوفيات الناتجة من تناول مياه الشرب الملوثة في كافة مدن العالم الثالث بعشرة ملايين حالة وفاة سنوياً ولا تقتصر شحة المياه على مدن المنطقة بل تشمل مدناً أوروبية عديدة حيث تقدر إحصائيات الأمم المتحدة عدد الذين لا يحصلون على مياه الشرب الصحية بأكثر من مليار إنسان.

إن سبب هجرة أكثر من 25 مليون إنسان سنوياً هو تدهور ظروف الحياة وانهيار التوازن البيئي في أماكن سكناهم حتى صار هؤلاء يسمون بـ(لاجئي البيئة) نظراً لارتباط هجرتهم بعوامل التصحر والجفاف والتلوث وزيادة مشاكل البطالة والفقر.

إن علماء المناخ والمتخصصين يقرعون ناقوس الخطر من ارتفاع حرارة الأرض حيث يعتقد أن هناك علاقة مباشرة له بحالات الجفاف في المناطق التي لم تشهد حالات جفاف من قبل كالشمال الأوروبي.[66]

---

[66] المياه في الوطن العربي، thiqaruni.org/general/77.doc

إن الأمن المائي العربي مهدد وذلك للأسباب التالية:

- وجود منابع أو مرور أهم مصادر المياه العربية المتمثلة في الأنهار الكبيرة في دول غير عربية، كما هو الحال في نهر النيل بمنابعه الإثيوبية والأوغندية، وفي نهر دجلة بمنابعه التركية والإيرانية، وفي الفرات بمنابعه التركية وأخيراً كما هو الحال في نهر الأردن بمنابعه الخاضعة لسيطرة إسرائيل، وهو ما يجعل خطط التنمية الاقتصادية مقيدة بتصرفات الدول التي تنبع منها المياه، كما يمكن أن يؤدي ذلك إلى جعل المياه وسيلة ضغط تستخدم ضد الدول العربية في ظل الخلافات السياسية بين تلك الدول أو عند تعارض المصالح فيما بينها.
- احتمال نشوء نزاعات إقليمية بين دول عربية تمر بها نفس الأنهار، حيث يمر نهر النيل بمصر والسودان ويشترك الأردن وسوريا ولبنان في نهر الأردن، كما تشارك سوريا العراق في نهر الفرات.
- الزيادة السكانية المطردة التي يقابلها تناقص في نصيب الفرد من المياه بسبب محدودية مواردها، حيث يشير إحصاء تقديري لتعداد السكان في العالم العربي عام 2030 إلى زيادة تقدر بثلاثة أمثال ما كان عليه عام 1990.
- العجز المستمر في الطاقات الإنتاجية واللجوء المستمر للعالم الخارجي لسد النقص الغذائي المحلي، وفي ظل ارتفاع أسعاره المواد الغذائية على مستوى العالم ولجوء بعض الدول إلى استغلال الحبوب في إنتاج الوقود فإن الأمور سوف تزداد تعقيداً في العالم العربي ويصبح التوسع الزراعي هو المخرج الوحيد وهذا لن يتم إلا بحل مشكلة المياه.

- ضعف القدرة المالية لدى بعض الدول العربية للبحث عن حلول بديلة في مواجهة نقص المياه مقابل الزيادة السكانية المستمرة وتأثير ذلك على اقتصاد البلاد وتنميتها وأمنها[67].

إذا كانت مشكلة المياه دولية بامتياز، وأولتها الأمم المتحدة جانباً غير قليل من الاهتمام، ولا سيما خلال العقود الأربعة ونيّف الماضية، فإن المشكلة عربياً تزداد خطورة، فإضافة إلى تفاقمها عالمياً، فهناك التوزيع غير العادل للمياه، ولا سيما نسبة هطول الأمطار، ففي بعض البلدان العربية، إضافة إلى الأنهار وربما الثلوج، فإن نسبة الأمطار أكثر من غيرها في مناطق أخرى تعاني جفافاً، ولا سيما بسبب قلّة الأمطار، يضاف إلى ذلك الزيادة السكانية، حيث إن معدلاتها في بعض البلدان غيرها في بلدان أخرى، ومثل هذا الأمر يتعلق أيضاً بالمصادر المائية ونسبة استهلاكها، وكذلك سوء استخداماته، ففي البلدان النامية ومنها الدول العربية تختلف نسبة الاستخدام للأغراض الزراعية عن الأغراض الصناعية والمنتجة، إضافة إلى استخدامات الحياة المنزلية، والأمر يتعلق أيضاً بمعدلات درجة الحرارة وارتفاع منسوب مياه البحار وازدياد نسبة الاحتباس الحراري وغيرها.

يوجد تهديد بعيد المدى يمكن أن يسبب نقص في الموارد المائية وهذا قد يأتي من خطر ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية الذي ينجم عن تراكم الغازات في الغلاف الجوى المحيط بالكرة الأرضية وهذه الظاهرة عرفت الآن بالبيت الزجاجي أو غازات الصوبة (الدفيئة) ويتوقع بعض العلماء أن يواكب هذه الظاهرة تغير في المناخ يتمثل في ارتفاع درجة الحرارة وتبدل نظم هطول الأمطار وهذه التغيرات ستضفي بعداً جديداً على ما ستواجهه مصادر المياه من معوقات في غضون العقود القادمة، وتفيد التقارير العلمية أن زيادة درجة حرارة الأرض سيضاعف تركيز ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي مما سيزيد متوسط التبخر من الكرة

---

[67] www.aljazeera.net

الأرضية بنسبة تتراوح بين 3 إلى 15٪. كما سيؤثر ارتفاع درجة الحرارة على البخر نتح للنبات مما يزيد العبء على مياه الري بزيادة الاحتياجات المائية للنبات. ويقدر بعض العلماء أن زيادة مقدارها 3 درجات مئوية في حرارة الجو ستزيد الاحتياجات المائية لمياه الري بمقدار 15٪، كما أوضحت الدراسات أيضًا أن زيادة قدرها درجتين من درجات الحرارة قد تسبب نقص في كميات الأمطار تصل إلى 22٪.

وتزداد المشكلة عربياً لأن هناك دولاً تفتقر أساساً إلى وجود كميات كافية من المياه، ولا سيما بما يتناسب مع حجم الاستهلاك، كما أن منابع معظم الأنهار العربية هي في بلدان غير عربية، مثل النيل ودجلة والفرات، وتسير في دول الجوار، وهذه العوامل تشكل لغماً قابلاً للانفجار في أية لحظة، خصوصاً بارتفاع أهمية المياه وتعاظم الحاجة إليه وزيادة استهلاكه وشحّ مصادره وتأثره بالتغييرات المناخية والبيئية، فضلاً عن محاولات استغلاله سياسياً وتوظيفه لخدمة مصالح خاصة[68].

وإذا كانت مصر والسودان ويضاف إليهما اليوم جنوب السودان مستفيدة من النيل، فإن الدول المحيطة يمكنها تحجيم وتقييد حجم هذه الاستفادة، خصوصاً الدول التي فيها منبع ومجرى النيل، وهي تقارب نحو عشر دول، أما منبع دجلة والفرات، حيث تستفيد منهما العراق وسورية، فإنها في مواجهة خاصة مع تركيا، ولا سيما بعد بناء مشروع الغاب الكبير منذ أواسط الثمانينيات، الذي يضم نحو 21 سداً. أما فلسطين والأردن ولبنان وسورية المستفيدة من نهر الأردن ونبع الوزاني ومياه الجولان والمياه الجوفية في الأرض المحتلة، فهي في مواجهة دائمة مع "إسرائيل" منذ تأسيسها وتفاقمت هذه المشكلة في الستينيات، وذلك عندما عملت سورية على تحويل نهر بانياس، فحاولت إسرائيل التصدي لها، الأمر الذي دفع البلدان العربية إلى عقد قمة عربية عام 1964، وهي القمة الأولى بعد قمة أنشاص

---

68 http://www.nodhoob.com/index.php/water/815-problem-water

عام 1946 لمواجهة الموقف واتخاذ خطوات موحّدة. وإذا كانت منطقة المغرب العربي لا تعاني وجود أنهار متشاطئة أو مشكلة تقاسم مياه الأنهار؛ لأن أنهارها تنبع وتصبّ في أراضيها، إلاّ أنها مقبلة هي الأخرى على مشكلة كبيرة بسبب شحّ المياه والتغييرات الطبيعية والاستخدامات غير الرشيدة وغير ذلك.[69]

افتقرت الأنهار المتشاطئة منذ منتصف القرن السابق لتشريعات دولية ملزمة تحدد آلية الاستفادة من المياه المشتركة للأنهار، رغم التعريفات الدولية في المعاهدات والقوانين للأنهار الدولية وتحديد المعايير الأمثل للاستخدام المشترك إلا أن الممارسة الحقيقية تبقى بعيداً عن طروحات القانون الدولي وافتراضاته. وبالعودة إلى تعريف النهر الدولي كما أقرته مختلف الاتفاقات والقواعد الدولية المعترف بها أن النهر يعتبر دولياً وفقاً لأحكام القانون الدولي كما عرفته اتفاقية هلسنكي عام 1966 إذا كان حوضه يمر في أقاليم دول مختلفة، وفي هذه الحالة تباشر كل دولة سيادتها على ما يمر في أقاليمها مع مراعاة مصالح الدول التي يمر بها النهر (الزراعية والصناعية والسكانية) وهو ما أكدته اتفاقية قانون استخدام المجاري المائية الدولية في الأغراض غير الملاحية عام 1997 حين عرفت النهر الدولي (المجرى المائي الدولي أي مجرى مائي تقع أجزاؤه في دول مختلفة) فقد أوضحت التعريفات السابقة تعريفاً واضحاً ومحدداً لما يعنيه النهر الدولي أو المجرى الدولي غير أن المشكلة لا تتعلق بالتعريف بقدر تعلقها بالحقوق والواجبات المترتبة على كون النهر دولياً وذلك من خلال عدم استخدام مياه الأنهار بطريقة تلحق الضرر بمصالح الدول المتشاطئة الأخرى .

---

[69] العمود، الماء اعز مفقود وأرخص موجود: معلومات وأرقام، جامعة الملك سعود، ص3

ورغم أن العديد من الاتفاقات الدولية وفي مقدمتها اتفاقية هلسنكي عام 1966 قد حددت معايير عامة تحكم عملية الانتفاع المشترك والقسمة العادلة للأنهار المشتركة وهي:

- تعداد السكان.
- طبوغرافية حوض النهر.
- الظروف المناخية.
- كمية المياه المعتادة سابقاً استخدامها من مياه النهر.
- الاستعمالات الراهنة.
- الاحتياجات الفعلية من المياه بالنسبة لكل دولة.
- توافر وانعدام وجود مصادر بديلة للمياه.

إلا أن وجود العديد من المعوقات الفعلية التي تمارسها الدول على أرض الواقع تعتبر تعطيلاً حقيقياً للقوانين والاتفاقات الدولية بشأن الأنهار الدولية المشتركة. ومن أبرز هذه المعوقات:

- عدم وجود معايير موحدة وثابتة وتفصيلية لتفسير قواعد القانون الدولي والتفسير الكيفي للقوانين والمعاهدات الدولية الخاصة بالأنهار الدولية وعدم وجود مرجعية قانونية دولية لتفسير نصوص المعاهدات بطريقة مثالية للحيلولة دون التفسير الكيفي لمواد القانون فرغم التعريفات الدولية الخاصة بالأنهار الدولية التي أقرتها مختلف الاتفاقات والمعاهدات الدولية فيما يخص الأنهار الدولية فإن تركيا لاتزال ولحد الآن تعتبر نهري دجلة والفرات نهرين عابرين للحدود، ورغم أن تقرير لجنة القانون الدولي الذي صدر في عام 1993 (ILC) والتابعة للأمم المتحدة أكد على أنه لا يوجد اختلاف جوهري بين مفهوم الأنهار الدولية والأنهار العابرة للحدود، ولهذا فليس لتركيا الحق في ادعاء أن أي من النهرين عابرين

للحدود كما ليس لها الحق في إقامة أي منشآت هيدروليكية دون التشاور مع الأطراف ذات العلاقة.

- افتقار أغلب المعاهدات والقوانين الدولية للأنهار الدولية إلى آلية محددة للتحكيم وغياب صفة الإلزام في القوانين والمعاهدات الدولية بخصوص المياه، فقد أقرت أغلب المعاهدات آليات لفض النزاع الذي ينشأ على الأنهار الدولية من خلال تشكيل لجان لدراسة الأسباب وإحالتها إلى هيئة التحكيم التي تتشكل بناء على طلب الطرفين كما جاء في اتفاقية قانون استخدام المجاري المائية الدولية في الأغراض غير الملاحية، وكما أن أغلب المعاهدات لم توضح الآلية المتبعة في حال رفض أو امتنع أحد الأطراف في المشاركة في رفع موضوع الخلاف إلى هيئة التحكيم، كما أن أغلب الاتفاقات لم توضح الإجراءات الإلزامية لقراراتها أو إمكانية فرض عقوبات على الطرف الذي لا يلتزم ببنود المعاهدات أو الذي ينتهك قرارات التحكيم الصادرة عن هيئة التحكيم.
- اقتصار معاهدات القانون الدولي الخاص بالأنهار الدولية والمياه عموماً على موضوع الأنهار وعدم وجود قواعد إجراءات لتقاسم مصادر المياه العذبة غير الأنهار الدولية (الينابيع الكبرى، حقول المياه الجوفية، الواحات، البحيرات العذبة، مياه السيول الموسمية).[70]

أما عن المشاكل التي تواجه إدارة المياه في المنطقة العربية فيشير تقرير المنتدى العربي للبيئة والتنمية (أفد) لعام 2010 (المياه إدارة مستدامة لمورد متناقص) إلى أنها مشاكل جمة وكبيرة جداً، مؤكداً أن حصر المعالجة بتطوير مصادر جديدة لم يعد خياراً قابلاً للحياة. وبالتالي فهناك حاجة ماسة وملحة لإجراء تحول استراتيجي من ثقافة تنمية مصادر وموارد المياه إلى ثقافة تحسين إدارة المياه، وترشيد

---

[70] موارد المياه العربية: جذور الأزمة وأبعادها، www.nodhoob.com

الاستهلاك، وتشجيع إعادة الاستعمال، وحماية المصادر المائية من الاستهلاك المفرط الجائر ومن التلوث أيضاً. وهنا يشدد التقرير على أنه وقبل الإقدام على استثمار أموال ومبالغ طائلة لزيادة إمدادات المياه، لا بد من تنفيذ تدابير أقل كلفة لتخفيض خسارة المياه، وتحسين كفاءتها. وهو ما يعني ضرورة إعادة النظر بدور الحكومة، فيتحول من التركيز على دور المزود للمياه إلى دور الهيئة الناظمة والمخططة. ويضع التقرير شرطاً مهماً لتفعيل إدارة الموارد المائية على نحو مستدام، وهو ضرورة العمل على توسيع نطاق المعرفة حول المياه الجوفية والأراضي الرطبة والمستنقعات والبحيرات وأحواض الأنهار.

إضافة إلى أنه توجد هناك العديد من تكنولوجيات الاستشعار عن بعد التي يمكن أن تساهم بمعلومات قيمة لإدارة أنظمة المياه الطبيعية واستكشاف مصادر المياه الجوفية. وينتهي التقرير إلى التحذير من أن الواقع المائي للعرب لا يحتمل خسارة نقطة ماء واحدة. مما يحتم على الحكومات القائمة أن تبادر من فورها إلى ما يلي: تطبيق سياسات مستدامة لإدارة المياه، تقوم قبل كل شيء على الطلب لتأمين استخدام أكثر كفاءة، بحيث يمكن تحقيق هذا عن طريق فرض قيمة اقتصادية على المياه، يتم قياسها وفق القيمة الفعلية للمنتج النهائي استناداً إلى كمية المياه المستخدمة. تطبيق تدابير لفرض استخدام المياه بكفاءة، والتحول من استخدام الري بالغمر إلى أنظمة أكثر جدارة مثل الري بالتنقيط، وإدخال محاصيل تحتمل الملوحة، وتتطلب كميات أقل من المياه. تدوير المياه وإعادة استخدامها. تطوير تقنيات وتكنولوجيات رخيصة للتحلية.[71]

ويعاني الخليج عدم وجود أنهار، بل يعتمد بالدرجة الأساسية على تحلية مياه البحار بنسبة 62٪، على الرغم من أسعارها الباهظة، الأمر سيؤدي إلى مشكلات جديدة، ولا سيما بارتفاع مستوى المعيشة وارتفاع أسعار التكلفة. يمكن القول إن

---

[71] www.afedonline.org

المشكلة كبيرة ومعقدة، ولا تتعلق بالجانب العربي فحسب، لكنها تتعلق أيضاً بالدول التي تمرّ فيها الأنهار التي يستفيد منها الوطن العربي؛ وذلك لأن 62٪ من المياه العربية هي من خارج الوطن العربي، وإنْ كانت هذه النسبة كبيرة إلاّ أنها لا تغطّي الأراضي العربية الشاسعة، حيث تعاني صحراء ممتدة وهائلة تزيد على 80٪.

ومن جانب آخر تتزايد تكاليف إمدادات المياه والصرف الصحي في الدول العربية نظراً لضرورة الحصول على إمدادات المياه من مصادر أبعد مسافة وأكثر عمقاً، ولارتفاع تكاليف وشروط معالجة المياه المستعملة، فالمدن العربية تنمو بمعدل مابين (4-6) بالمائة سنوياً ويمثل سكانها حالياً (60٪) من مجموعة السكان في المنطقة، وهناك ضرورة لتوفر الإرادة السياسية في دول المنطقة لتغيير أنماط التخصيص الحالية للمياه، ولاسيما إعادة تخصيص المياه للإستخدامات الحضرية بدلاً من الري الزراعي.

وعلى الرغم من تحقيق تقدم جيد في مجال إيصال المياه وخدمات الصرف الصحي للناس، إلا أنه لا يزال هناك (45) مليون نسمة في العالم العربي لا يستطيعون الحصول على مياه شرب نظيفة، كما أن ما يزيد على (80) مليون نسمة ليس لديهم خدمات صرف صحي مأمونة. وهناك أعداد كبيرة من سكان المناطق الحضرية غير موصلين بشبكات المياه مما يضطرهم للإعتماد على باعة المياه، كما أن غالبية المدن العربية الكبرى تعاني من انقطاعات متكررة لإمدادات المياه، وتعاني مصالح وإدارات المياه من ضعف كبير في كفاءتها الفنية، إذ أن حوالي (52٪) من إجمالي إمدادات المياه للمدن العربية لا يتم تقاضي ثمنها من المستهلكين ولذا تعتبر "فاقداً من المياه" وهذه النسبة مرتفعة جداً مقارنة بمرافق المياه التي تهدر وتصان بشكل جيد، والفاقد من المياه يعود إما بسبب الشبكة نتيجة لعمل كفاية صيانة

الأنابيب أو الفاقد التجاري نتيجة للتوصيلات غير القانونية والأعطال في العدادات والأخطاء في الفواتير.[72]

تختلف نسبة المياه التي تستخدم لأغراض الزراعة (نسبة إلى الكمية الكلية من المياه المستخدمة لجميع الأغراض) من دولة لأخرى، فبينما لا تتجاوز النسبة 8٪ في كندا و 3٪ في بريطانيا و 42٪ في الولايات المتحدة الأمريكية نجدها تقارب بل وفي بعض الأحيان تزيد عن 90٪ في معظم دول العالم الثالث بما في ذلك المملكة العربية السعودية. ولهذه النسبة ما يبررها بسبب التوسع الزراعي للاكتفاء الذاتي وقلة بل وندرة الأمطار في تلك المناطق والاعتماد الكلي على الزراعة المروية. والنسبة العالية هذه مرشحة للانخفاض بسبب ازدياد الطلب على المياه للإغراض المدنية والصناعية. وتقدر كفاءة الري على مستوى العالم بمعدل يقل عن 40٪ وهذا يعني أن جزء كبير من المياه تضيع ولا يستفيد منها النبات. وزغم أن جزء من هذه المياه تتسرب لتكون المياه الجوفية حيث يمكن استغلالها من جديد إلا أن نوعية هذه المياه تكون قد تدنت نظرًا لزيادة نسبة الأملاح بها والمبيدات الزراعية والمركبات الكيميائية الأخرى. وتمثل المياه المستخدمة للأغراض الزراعي النسبة العظمى من مجمل المياه المستخدمة لجميع الأغراض في البلاد العربية، حيث تبلغ ما نسبته 88٪ وذلك لري مساحات من الأراضي الزراعية تبلغ 11 مليون هكتار. والنسبة المتبقية (12٪) تتوزع على الاستخدامات الأخرى مثل الأغراض المدنية (7٪) والأغراض الصناعية (5٪). وتستخدم نظم الري السطحي بالغمر في أكثر من 90٪ من الأراضي المروية في البلاد العربية وبكفاءة متدنية. وتفيد الإحصائيات أن 40٪ من الإنتاج الغذائي العالمي يأتي من 17٪ من أراضي مروية، وتمثل ثلاث دول وهي أمريكا والصين والهند ما يقارب 50٪ من الأراضي المروية في العالم. إلا أن معدل نمو الأراضي المروية في العالم قد انخفض، فبعد أن كان معدل النمو 2٪

---

[72] www.fab-jo.org\doc.7\4.doc

للفترة بين 1970 و 1982 انخفض المعدل للفترة من 1982 حتى 1994 إلى 1.3٪.

تفيد التجارب العلمية أن ما يعادل 1٪ فقط من مياه الري الذي يدخل إلى النبات من خلال الجذور يستعمل في بناء النبات وفي الإثمار، بينما تمر النسبة العظمى من الماء (99٪) عبر النبات وتتبخر خلال العملية المسماة بالنتح، وهكذا فإن الهكتار الواحد من الأرض المزروعة يمكن أن ينتح (أي يفقد كمية من الماء) ما مقداره 94 ألف لتر من الماء في اليوم الواحد، لذا فإن العديد من الأبحاث تجرى في هذا المضمار لتقليل كمية النتح من النبات بدون الإضرار به لتوفير جزء من هذه المياه المفقودة. ومن المعلوم أن المحاصيل تستهلك كميات هائلة من المياه، فتحتاج الحبوب والأعلاف على سبيل المثال لإنتاج طن واحد من القمح إلى 1000 (ألف) طن من المياه.[73]

تعرض النظم البيئية للمياه العذبة لتأثيرات المناخ وتكيفها معها[74]

تتعرض الدول العربية لشتى الظروف المناخية التي تستتبع مستويات متفاوتة في كميات المطر المتساقط ودرجات الحرارة. إلاّ أنّ المنطقة، إجمالاً، تتّسم بظروف الجفاف وشبه الجفاف وشدّة الجفاف. ووفقاً للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ فإنّ هذا الجفاف يعني أن المنطقة سوف تتعرّض بشدّة لتأثيرات تغير المناخ (IPCC,2007). ويُنتظر أن ينتج عن التغير المناخي زيادة تقلّبات كمّيات المطر ممّا يزيد عوامل الإجهاد في هذه المنطقة ذات الموارد المائية الشحيحة. ووفقاً لتقرير المنتدى العربي للبيئة والتنمية لسنة 2009، فإنّ دراسات وضع النماذج قد أشارت إلى أن البلدان العربية سوف تواجه، في نهاية القرن الحادي والعشرين، ارتفاعاً في

---

[73] العمود، الماء أعز مفقود وأرخص موجود: معلومات وأرقام، جامعة الملك سعود، ص3

[74] أوضاع الأنظمة البيئية للمياه العذبة، البيئة العربية: المياه، الفصل 3، ص15،14،11

درجات الحرارة السطحية بين 2° و 5.5 ° درجات مئوية، وانخفاضاً في كمّيات المطر يتراوح بين صفر و 20 في المئة (Abou Hadid, 2009).

ومما يستتبع مؤشرات التغير المناخي المرتقب المذكورة أعلاه حدوث حالات هطول مطر كثيف مع قصر مدة فصل الشتاء. وينجم عن هذا الأمر نقص شديد في إعادة تغذية المياه الجوفيّة وزيادة الجريان السطحي. وليس لدى البلدان العربية التي تؤمّن حاجاتها المائية من موارد المياه الجوفية، بالدرجة الأولى، ما يلزم من بنية تحتية لتجميع الزيادة في كميات المياه السطحية الجارية. وإذا ما أخذنا بعين الاعتبار أنّ معظم البلدان العربية تعتمد بشكل أساسي على المياه الجوفية لتأمين حاجتها اللازمة

من المياه، لمسنا فعلاً مدى خطورة التأثيرات السلبية لتغير المناخ على هذه الدول.

وأكثر البلدان عرضة للتأثّر سلباً بتغير المناخ هي بلدان شمال-غرب أفريقيا (تونس والجزائر وموريتانيا والمغرب)، ذلك أنها تعتمد أكثر ما تعتمد على مياه الأمطار (El-Quosy, 2009). وكذلك فإنّ سورية والعراق ومصر والسودان تعتمد على مياه الأنهار، وبالتالي تعتبر معرّضة بشدة للتأثّر بتغير المناخ. وقد أثبتت الدراسات أنّ معدّل تدفّق نهر النيل شديد التأثّر بهطول المطر في الهضبة الإثيوبية (Al-Quosu, 2009). فإذا ما ارتفعت الحرارة درجتين مئويّتين فقد ينخفض معدّل تدفّق النهر 50 ٪ في البحيرات الإستوائية وبحر الغزال (El-Quosy, 2009). أما بلدان شبه الجزيرة العربية فهي أقلّ البلدان تأثّراً بتغيرات المناخ لأنّ مواردها الذاتيّة من الماء المتجدّد محدودة جداً، وبالتالي فلا تأثيرات إضافية عليها. أيّ أنّ هذه البلدان لا تعتمد أصلاً على المطر للزراعة أو لتجميع الأمطار.

ويُتوقّع أن يكون لتغير المناخ تأثيرات بالغة على إمدادات المياه ممّا سيخلق، أو يُفاقم، نقصاً مزمناً في المياه وتدنّياً في جودتها. كما إن ارتفاع مستوى سطح البحر سوف يُفضي إلى تسرّب مياه البحر إلى طبقات المياه الجوفيّة الساحليّة ممّا قد يؤثّر

سلباً على توافر موارد المياه. ويُحتمل أن ينجم عن التغييرات في كمّية وكثافة (ومدّة) سقوط المطر تكاثر الفيضانات والجفاف وزيادة الطلب على الماء للري (Arnell and Liu, 2001).

بالنسبة للأنظمة البيئية، فإنّها تمرّ، عموماً، بتبدّلات ظاهرة وملموسة مثل التغيرات في أوان هجرة الطيور وإزهار النبات. وتكون للأنواع المتنقّلة كالطيور والحيوانات الأكبر حجماً قدرة على الهجرة بسرعة نتيجة للأنماط المناخية المتغيرة، في حين أنّ العديد من مكوّنات الأنظمة البيئية، بما فيها عدد كبير من أنواع الأشجار، هي ذات قدرة أقل على التحرك (Malcolm et al., 2006; Root et a., 2003; Parmesan and Yohe,2003).

وإذا ما تأمّلنا بدقّة في أمر الأنظمة البيئية للمياه العذبة أدركنا أن تغير المناخ يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة، وهذا بدوره يقود إلى ازدياد الطلب على الماء. ولتأمين كمّيات إضافية من المياه للوفاء بزيادة الطلب يمكن بناء سدود جديدة على الأنهار. وبذلك تتباطأ حركة المياه وتتدنّى معدّلات جريانها. وفي حالات أخرى، يتمّ تحويل المزيد من الماء من مجرى النهر الأساسي، وينجم عن ذلك تأثيرات سلبية فادحة على المواطن المعيشية في مناطق المياه العذبة. وإذا ما تزامن تغير المناخ مع توسع حضري ونموّ سكّاني، ازدادت احتمالات إصابة النظم البيئية للمياه العذبة بانحطاط شديد وباختلال التنوّع البيولوجي (Gitay et al., 2001). ولاشك بأن التأثيرات المزدوجة من تغير المناخ والإجهاد المباشر بفعل الإنسان سوف تغير العمليات الهيدرولوجية والكيميائية الجيولوجية الأحيائية، وبالتالي تغير المجموعة النباتية والحيوانية في الأنظمة البيئية للمياه العذبة. ونقطة الضعف هذه سوف تقود إلى ظروف أكثر هشاشة من حيث توافر المياه والانتفاع بها في البلدان العربية.

الفصل الثالث

إدارة مصادر المياه

إدارة مصادر المياه

ينبغي أن تتعامل المنطقة العربية مع مشكلة الجفاف والنقص الحاد في الموارد المتجددة للمياه العذبة. إذ يشكل النمو السكاني وزيادة الطلب على الغذاء والإسكان والوظائف ضغطاً بالغاً على موارد المياه. وهنا تحتل الإدارة الجيدة للمياه أهمية تفوق أي مكان آخر لأن نزاعات المياه قد تفاقم من التوترات السياسية. إن تخفيف حدة الصراع ومواجهة الطلب على المياه يتطلب استخدام الموارد المتجددة القائمة بصورة أكثر كفاءة. ثمة نوعان آخران من القصور يضاعفان ندرة المياه في المنطقة:

- المؤسسات الضعيفة: لا تحدد هيئات إدارة المياه أدواراً ومسؤوليات واضحة مما ينتج عنه حدوث ثغرات وتداخلات. و يفتقر القطاع إلى تفويض قانوني لإدارة المياه إدارة شاملة، وحتى عندما يتواجد هيكل ملائم لإدارة المياه، ينقص المنظمات الشفافية والخضوع للمساءلة الخارجية.
- الإدارة الغير مؤهلة: تعمل مصالح المياه ببيانات غير ملائمة وتمتنع عن التخطيط متوسط وطويل الأجل لصالح إدارة الأزمات. لا يَعْقُب مرحلة اتخاذ القرار توزيع الموارد؛ كما لا يتم في الغالب الإشراف على التطبيق؛ لا يتم تدريب العاملين أو إدارتهم أو تفويضهم لأداء مهامهم بشكل فعال.

وبالتالي، ثمة حاجة حيوية إلى نظام يُعَيِّن ويركز على الملامح الأساسية لهيكل سليم لإدارة المياه.[75]

---

[75] http://www.usaid.gov

يتمثل أول نهج لإدارة المياه في إنشاء السدود وخزانات بأحجام مختلفة من أجل التحكم في الفيضانات وتخزين المياه لاستخدامها حسب الحاجة. وقد أقيمت مئات الآلاف من السدود في كافة أنحاء العالم، كان بينها بضعة مئات من السدود الكبيرة متعددة الأغراض (لإدارة المياه وتوليد الكهرباء) أنشئت في القرن الحالي. وخلال الفترة بين 1950 وعام 1986 أقيم نحو 36240 سداً يتجاوز ارتفاعها 15 متراً، وتتراوح 79٪ منها بين 15 و30 متراً و16٪ بين30 و60 متراً و3.4٪ بين 60 و100 متراً، و0.9٪ بين 100 و150 متراً و0.28٪ تجاوز ارتفاعها 150 متراً، وقد استأثرت الصين وحدها بنصف هذه السدود تقريباً. وقد أدى بناء السدود إلى جني منافع عديدة ولكنها لم تخل من الأضرار البيئية، فقد شهد العقدان الماضيان مناقشات عند التكاليف والمنافع الناجمة عن بناء السدود الكبيرة مثل السد العالي في أسوان وغيره من السدود. وثمة حقيقة هامة أن كميات المياه التي احتفظت بها مستودعات المياه التي من صنع الإنسان في العالم تقدر بنحو 3500 كيلو متر مكعب من المياه تعادل تقريباً مجموع المياه المسحوبة سنوياً في العالم. [76]

الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM)

خطت إدارة الموارد المائية خطوات كبيرة عززها فهم أفضل للعمليات الطبيعية التي تسير الدورة المائية، وتحسن في جمع البيانات وتحليلها، وتقدم في صناعة الانشاء مما مكن من تطوير بنية تحتية واسعة ومعقدة. وقد شهدت أمريكا الشمالية وأوروبا تطوير مشاريع بنى تحتية مائية ضخمة حتى ستينات القرن العشرين، أدت إلى دعم خطط ري كبيرة ونمو مدني عززه وصول أكبر إلى المياه وحماية أفضل من الفيضانات. لكن تحولا في الموقف الثقافي نحو حماية الطبيعة، وازدياد القلق المتعلق بحقوق الإنسان والحق في امتلاك الأرض بالنسبة إلى مجتمعات أصلية تستوطن

[76] http://www.geography.i8.com/

مناطق متأثرة، وارتفاعاً في عدد الكوارث والحوادث البيئية ألهب حركة بيئية قوية في السبعينات والثمانينات جابهت السياسات الإنمائية الحكوميةز هذه التطورات أجبرت حكومات غربية كثيرة على تغيير سياساتها المتعلقة بتطوير الموارد المائية، من تلك التي تركز بشكل حصري تقريباً على النمو الاقتصادي إلى تلك التي تكافح لتحقيق عدالة اجتماعية واستدامة. ويشمل مفهوم الاستدامة تحقيق تنمية اجتماعية – اقتصادية مثلى للموارد الطبيعية، مع الحفاظ على قدرتها على الاستمرار لاستعمالها من قبل الأجيال المقبلة وصون خدماتها البيئية والتوازن الأيكولوجي الطبيعي.[77]

هي مسار منهجي لأغراض التنمية المستديمة وتخصيص ومتابعة وضع الموارد المائية. وقد تمت صياغة مفهوم ومبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية خلال المؤتمر الدولي حول المياه والبيئة المنعقد في دبلن عام 1992 وفي الفصل 18 من جدول الأعمال21. وهو وثيقة إجماع صادرة عن مؤتمر منظّمة الأمم المتحدة حول البيئة والتنمية (UNCED) المنعقد في ريو دي جينيرو عام 1992 أيضاً.

وتمثل الإدارة المتكاملة للموارد المائية مقاربة شاملة عبر مختلف القطاعات لمسألة إدارة الموارد المائية، وذلك استجابة للطلبات التنافسية المتزايدة على إمدادات الماء العذب. كما أنّها مقاربة تهدف إلى ضمان التنمية المنسقة للمياه والأرض والموارد ذات الصلة من أجل ملاءمة مستوى الرفاه الإجتماعي ودون إلحاق الضرر بإستمرارية المنظومات البيئية (الشراكة العلمية من أجل المياه، 2000). وقد سعى صانعو السياسة والمحللون والمنظمات الدولية والحكومات إلى الإجماع على مبادئ لتوجيه عملية وضع الأولويات ورسم السياسات ووضع مبادرات خاصة في مجال الإدارة المتكاملة للموارد المائية.[78]

---

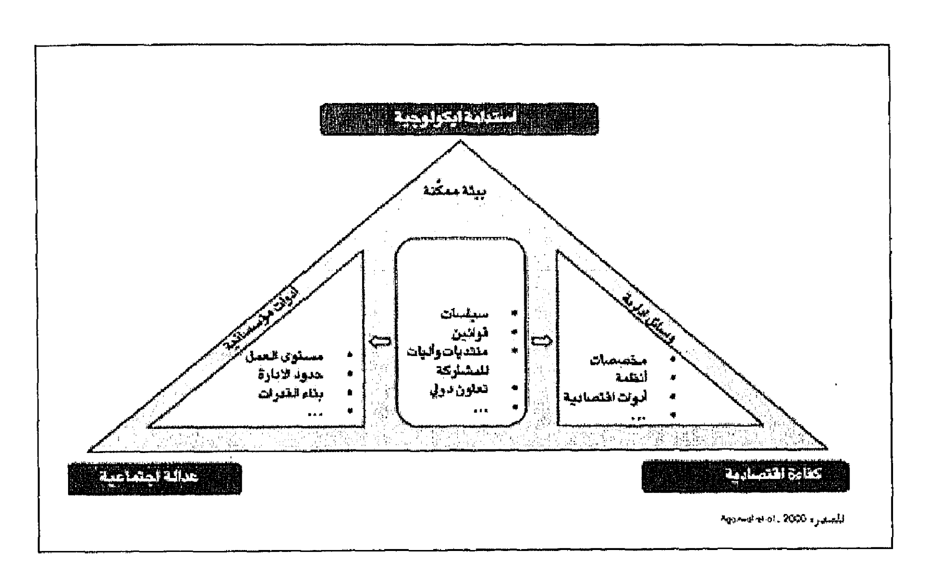
[77] حامد عساف، الإدارة المتكاملة لمصادر المياه، ص 2

[78] http://www.ar.genderandwater.org

مبادئ الإدارة المتكاملة لمصادر المياه

شملت تلك المبادئ الأساسية ما يلي:

- ضرورة التعامل مع الماء على أنه سلعة اقتصادية واجتماعية وبيئية.
- ضرورة أن تركز السياسات المائية على إدارة المياه ككل متكامل وأن لا تقتصر على مجال توفير الماء.
- ضرورة أن تقوم الحكومة بتسهيل وتمكين التنمية المستديمة للموارد المائية من خلال توفير سياسات مائية متكاملة وأطر تنظيمية.
- ضرورة أن تتم إدارة الموارد المائية على المستوى الأدنى المناسب.
- ضرورة الإقرار بدور المرأة المركزي في توفير وإدارة وحفظ المياه.



الشكل رقم (7): أهداف الإدارة المتكاملة لمصادر المياه.[79]

---

[79] حامد عساف، البيئة العربية: المياه، الفصل (6) الإدارة المتكاملة لمصادر المياه، ص6

ويمكن أن يساعد تطبيق الإدارة المتكاملة للموارد المائية كفلسفة وسياسة عامة وخطوط توجيهية في التنفيذ على توجيه المسائل التالية[80]:

- الحاجة إلى مستوى أفضل من أسلوب إدارة الحكم في مجال المياه ومزيد التنسيق والتعاون بين مختلف القطاعات المختصة بالمياه مثل توفير مياه الشرب والصرف الصحي وحفظ المنظومات البيئية.
- المنافسة والصراعات المحتملة بين الأطراف الفاعلة من كافة القطاعات وبين الأفراد والجماعات البشرية والحكومات.
- تدهور الوضع البيئي الذي يهدد كافة مظاهر الحياة على كافة الأرض.
- حالات التفاوت على صعيد النوع الإجتماعي من حيث إمكانية الإستفادة والتحكم في الموارد والمنافع والتكاليف وصنع القرار بين النساء والرجال
- الحاجة إلى تنمية مستديمة للموارد المائية كعنصر أساسي من أجل اجتثاث الفقر.

القضايا التي يجب أن تعالجها الإدارة المتكاملة لمصادر المياه[81]

إن إدارة الموارد المائية هي عمل دقيق يوازن بين تلبية الطلب والحفاظ على استمرار الموارد لاستعمالها في المستقبل من دون تعريض سلامة البيئة للخطر. وتشكل تلبية الطلبات الأساسية للبشر الهدف الأول لاستخدام الموارد المائية. وعلى رغم أن مجتمعات متقدمة عدة حققت شبه كمال في تلبية هذه المطالب، فإن بلداناً نامية عدة ما زالت متخلفة في تأمين الحصول على مياه نظيفة للشرب والخدمات الصحية. وهناك أيضاً تباينات كبيرة بين قطاعات اقتصادية- اجتماعية مختلفة، حيث الأثرياء يحصلون على مياه منخفضة الأسعار بينما على الفقراء أن يرضوا بإمدادات مائية عالية الأسعار وغير جديرة بالثقة وقد تكون ملوثة.

---

[80] http://www.ar.genderandwater.org

[81] حامد عساف، البيئة العربية: المياه، الفصل (6) الإدارة المتكاملة لمصادر المياه، ص5-6

وفي البلدان شبه الجافة والجافة، تشكل المياه عاملاً حاسماً في الحفاظ على قطاع زراعي قابل للاستمرار لا ينتج فقط الغذاء، ولكن أيضاً يشغل شريحة كبيرة من السكان. وموجات الحر الطويلة يمكن أن تؤدي إلى ضعف المحاصيل وخسارة المواشي مما قد يتسبب بنزوح السكان وأوبئة ونزاعات وسوء تغذية وحتى مجاعة في بلدان حيث شرائح كبيرة من السكان تزاول نشاطات زراعية ورعوية لكسب رزقها. وعلى سبيل المثال، أدخلت موجات جفاف طويلة في ثمانينات القرن العشرين البلدان الواقعة جنوب الصحراء الأفريقية في نوبات مجاعة متعددة قتلت مئات آلاف الأشخاص.

وإضافة إلى الحفاظ على الحاجات الحياتية الأساسية والزراعة، فالمياه عنصر رئيسي في معظم القطاعات الصناعية، بما في ذلك إنتاج الطاقة وصنع الغذاء والصناعة الثقيلة. وعلى العموم، تعيق الإمدادات المائية غير الكافية التنمية الاجتماعية-الاقتصادية وقد تؤدي الأوضاع المائية المقيدة بشكل كبير إلى تراجع عام في المجتمعات.

ويمثل تقلب المتساقطات وتوزعها المتفاوت تحديات لتوفير إمدادات مائية مأمونة ووقاية من الفيضانات. فعلى سبيل المثال، على رغم أن لبنان لديه توازن مائي إيجابي شامل، فإن مدنه الساحلية المكتظة بالسكان، وخصوصاً بيروت التي تؤوي نصف عدد سكان لبنان، لديها موارد مائية غير كافية لتلبية طلبات البلدية. وعدم قدرة بلدية بيروت على تلبية طلب زبائنها أدى إلى تكاثر السحب غير المشروع للمياه من الخزان الجوفي الساحلي المحلي لرفد الطلب، مما أدى إلى تسرب خطير لمياه البحر إلى هذا الخزان (Saadeh, 2008).

وكمثال على الصعوبات في إدارة خطر حدوث فيضانات في مناطق جافة تشهد هطولاً مطرياً متقطعاً، تتعرض مدن كبرى في المملكة العربية السعودية لعواصف مطرية نادرة لكنها بالغة الشدة مثل تلك التي عانت منها جدة في أواخر عام

2009. ومما فاقم كارثة جدة عدم قدرة شبكة تصريف مياه الأمطار على الاستيعاب. ويروى أن مصصمي البنية التحتية افترضوا أن المنطقة تشهد مستويات هطول متدنية جداً وأهملوا التحسب لحوادث هطول بالغ الشدة.

إن التغيرات الديموغرافية والاجتماعية- الاقتصادية تؤثر كثيراً في الطلب على المياه ونوعية المياه والأوضاع الأيكولوجية. ويتحول المزيد من السكان العرب إلى العيش في المدن وما زالوا يتوسعون بمعدلات هي من الأعلى في العالم. وقد سبب التمدن زيادة في إجمالي الطلب والطلب للفرد. كما أخل الزحف المدني على الأراضي الزراعية والأراضي الرطبة وتجمعات المياه بالتوازن الأيكولوجي لهذه النظم البيئية وزاد تعرضها للتلوث الصناعي والبلدي. مثال على ذلك الإبادة شبه الكاملة للأسماك في بحيرة المنزلة في مصر نتيجة دخول كميات كبيرة من مياه الصرف غير المعالجة إليها من القاهرة (Abbassy et al., 2003)، وهذا مثال صارخ على الطريقة التي يمكن أن يتآمر بها النمو السريع لتدمير صحة النظم الأيكولوجية وتشتيت مصادر رزق قاطنيها. وهي تؤكد أيضاً التباين في القوة بين سكان المدن وسكان الأرياف في إدارة الموارد المائية.

مفهوم النوع الاجتماعي[82]

يعني مفهوم النوع الاجتماعي مختلف الأدوار والحقوق والمسؤوليات الراجعة للنساء والرجال والعلاقات القائمة بينهم. ولا يقتصر المفهوم على النساء والرجال وإنما يشمل الطريقة التي تحدد بها خصائصهم وسلوكياتهم وهوياتهم من خلال مسار التعايش الاجتماعي. ويرتبط النوع الاجتماعي عموماً بحالات اللامساواة في النّفوذ وفي إمكانية الاستفادة من الخيارات والموارد. وتتأثر المواقع المختلفة للنساء والرجال بالحقائق التاريخية والدينية والإقتصادية والثقافية. ويمكن لتلك العلاقات والمسؤوليات أن تتغير، وستتغير حتماً عبر الزمن.

---

[82] http://www.ar.genderandwater.org

ويتم تعريف النّساء والرّجال بطرق مختلفة حسب اختلاف المجتمعات. وتشكّل العلاقات التي يتقاسمها النّساء والرّجال ما يسمّى علاقات النّوع الاجتماعي. وتشكّل علاقات النّوع الاجتماعي وتشكّلها كذلك مجموعة متنوّعة من المؤسّسات مثل الأسرة والنّظم القانونية أو السوق. وتتمثل علاقات النوع الإجتماعي في علاقات قوى تراتبيّة بين النساء والرجال تميل إلى تكريس دونية النساء. وغالباً ما تُقبل تلك العلاقات التراتبية على أنها "طبيعية" ولكنّها علاقات محدّدة اجتماعياً ومتوطنة ثقافياً وقابلة للتغير عبر الزمن. وتتشكل علاقات النوع الاجتماعي ديناميكية تتميز بالصراع والتعاون في نفس الوقت وتتخللها محاور أخرى من الاعتبارات المتراكمة التي تشمل الطائفة أو الطبقة أو العمر أو الحالة الاجتماعية أو الموقع داخل الأسرة.

يعني مفهوم إدماج النوع الاجتماعي عملية تقدير التداعيات الحاصلة على النساء وعلى الرجال نتيجة أي إجراء أو عمل مخطط له بما في ذلك التشريعات والسياسات والبرامج في كافة المجلات و على جميع الأصعدة. وهو استراتيجية لجعل مشاغل وخبرات النساء والرجال على حد السواء بعداً أساسياً في تصور وتنفيذ ومتابعة وتقييم السياسات والبرامج في كافة المجالات السياسية والاقتصادية والمجتمعية بحيث يصبح بإمكان الرجال والنساء الاستفادة علي حد السواء ولا تتم مفاقمة اللامساوة. إن الهدف الاسمي هو تحقيق مساواة النوع الاجتماعي عن طريق تحويل المسار القائم المجلس الإقتصادي و الإجتماعي للأمم المتحدة، 1997، أضيفت عبارة التأكد.

أن أي مقاربة غير منسقة وقطاعية الطابع في مجال إدارة الموارد المائية لابد أن تسفر عن تدهور للوضع البيئي جراء فرط استغلال الموارد المائية وسوء عمليّات التخصيص بين مختلف الاستخدامات المتنافسة والتوزيع غير العادل للمنافع وأعباء ورداءة التشغيل والصيانة للبنية الأساسية. وقد أدى الإشراك غير الملائم للنساء

والرجال إلى إعاقة البرامج والمشاريع الموجهة نحو تحقيق إستمرارية إدارة الموارد المائية.

وقد أخفقت مشاركة الجماعة البشرية ومقاربات الإدارة في معالجة تلك المسائل، ويعود ذلك بشكل كبير إلى أنه غالباً ما ينظر الى الجماعات البشرية كمجموعة من الأفراد لهم هدف مشترك.

والحقيقة أن أي جماعة بشرية ليست مجموعة أفراد متساوين يعيشون في منطقة جغرافية محددة بل هي تتكون في العادة من أفراد ومجموعات يتحكمون في مستويات مختلفة من النفوذ والثروة والتأثير والقدرة على التعبير عن احتياجاتهم ومشاغلهم وحقوقهم. وتضم الجماعات البشرية مجموعات مصالح متنافسة. وعندما تكون هناك ندرة في الموارد يحصل تنافس على الإمدادات وأولئك الذين يتواجدون في أسفل سلم القوة (النساء والرجال الفقراء) يجدون أنفسهم في خلو من الموارد. وتضع علاقات القوى غير المتساوية النساء في موقع غير ملائم ومن شأن تطبيق تحليل مراع لمتطلبات النوع الاجتماعي أن يساعد الوكالات المختصة في قطاع المياه على تخصيص مواردها بشكل أفضل من أجل تلبية احتياجات مختلف النساء والرجال والجماعات المهمشة.

ولا تضمن المقاربات المتمركزة حول الأفراد دائماً أن تؤخذ الرؤى المراعية لمتطلبات النوع الاجتماعي بعين الاعتبار. وبالتالي فإن أي استراتيجية متروية في إدماج النوع الاجتماعي يمكن أن تكون مفيدة لضمان أن تشكّل المسائل التي تؤثر علي النساء والرجال جزءاً من تحليل وتخطيط وتنفيذ وتقييم المشاريع والبرامج. والأهم من ذلك أن إدماج النوع الاجتماعي يمكن أن يساعد على إبراز التغيير المطلوب على المستوى المؤسساتي والتنظيمي من أجل ضمان مساواة النوع الاجتماعي كتعهد مستمر.

يمكن للإدارة الجيدة إحداث تأثيرات إيجابية على حالات لامساواة النوع الاجتماعي، وتشمل تلك التأثيرات ما يلي:

- ضمان احترام حقوق الإنسان والحريات الأساسية للفقراء من النساء والرجال وتمكينهم من العيش الكريم.
- اعتماد قواعد إدماج عادلة ومؤسسات وممارسات تحكم التفاعلات الاجتماعية من أجل تحسين الوصول للفئات المهمّشة والضعيفة مثل الفئات الفقيرة من النساء والرجال وفئات الأجيال الشابة وكبار السن.
- ضمان أن تكون النساء شريكات متساويات مع الرجال في صنع القرار حول مسائل التنمية والاستغلال واختيار التكنولوجيا والتمويل وكافة المظاهر الأخرى المتعلقة بإدارة المياه.
- ضمان أن تنعكس الاحتياجات البيئية والاجتماعية للأجيال القادمة صلب السياسات والممارسات الراهنة.
- التركيز على سياسات تنمية الموارد المائية من أجل القضاء على الفقر وتحسين موارد الرزق للنساء والرجال.

أربع خطوات أساسية لأي مقاربة للنوع الاجتماعي في الإدارة[83]

- المعلومات

تشكّل المعلومات التي تخص السياقات المحددة حول الخبرات والمشاكل والأولويات المختلفة للنساء والرجال عنصرا أساسياً من أجل إدماج النوع الاجتماعي بالشكل الفعال. ويتعين بذلك تفكيك المعلومات الإحصائية بصفة دورية إلى معطيات حول خبرات النساء والرجال وعلى أن يشكل التحليل المراعي لمتطلبات النوع الاجتماعي بدوره جزءاً من التحليل الشامل للوضعية. ومن شأن ذلك أن يساعد

[83] Derbyshire, H, 2002. *Gender Manual: Practical Guidelines for Development Policy Makers*, DFID

على تعريف حالات اللامساواة - إن وجدت - وفي ضبط حالة خاصة من أجل وضع سياسات تعالج حالات اللامساواة الموجودة.

- الاستشارة والمناصرة وصنع القرار

من المهم إن تمتلك النساء والجماعات المهمشة صوتاً قوياً من أجل ضمان أن تؤخذ وجهات نظرها بعين الاعتبار. ويعني ذلك رفع مستوى إشراك النساء والرجال في الاستشارة وصنع القرار بدءاً من الجماعة البشرية إلى أعلى مستويات الإدارة.

- العمل على الارتقاء بالجماعات المستفيدة المستجيبة لمتطلبات النوع الاجتماعي

يجب العمل على تطوير مستوى أفضل من مساواة النوع الاجتماعي في صنع القرار وإتاحة الفرصة للنساء والرجال الفقراء، معتمداً على بيانات مفصلة حسب الجنس وتخص الإطار العام وكذلك على معلومات تحليلية وثيقة الصلة بالنوع الاجتماعي.

- العمل على الارتقاء بالمنظمات المستجيبة لمتطلبات النوع الاجتماعي

سترتبط المقاربات المراعية لمتطلبات النوع الاجتماعي بالمهارات والمعارف وروح الإلتزام التي يتحلى بها الكوادر المشاركة في التنفيذ والإدارة. كما أن تطوير القدرات الملائمة لدى الكوادر وكذلك معالجة أوضاع التباين واللامساواة على صعيد النوع الاجتماعي داخل المنظمات يشكل عاملاً حاسماً لخلق منظمات شاملة في قطاع المياه.

ولا يمكن اعتبار إدارة المياه رشيدة ما لم تبذل محاولات متروية في توجيه المؤسسات والسياسات والأطر القانونية والأدوات التكنولوجية التي تبقي على استمرارية حالات لامساواة النوع الاجتماعي. ويجب أن تشكل أي مقاربة مراعية للنوع الاجتماعي في الإدارة جزءاً لا يتجزأ من مسار تركيز الهياكل والآليات الإدارية الضروريّة.

استراتيجية إدارة الموارد المائية في البلدان العربية[84]

إن إعداد إستراتيجية لإدارة الموارد المائية في البلدان العربية، تدور أساساً حول بناء القدرات المؤسسية والتعليم والتدريب والبحث العلمي وتقييم الموارد المائية والإدارة المتكاملة لها.

1. الإدارة المائية

تُعدّ الإدارة المائية بشكل فعال وبصورة مستدامة، عملية معقدة تتطلب إسهامات وجهود كبيرة، من شأنها أن تحسن الوضعية المائية في دول العالم العربي، وتؤدي إلى تنمية مستدامة، تضع نصب أعينها السياسات والاتفاقيات المعتمدة على المستوى الدولي. ولن تحقق أية استراتيجيه النجاح ما لم تأخذ في اعتبارها، بشكل كامل، مصالح كل الفاعلين، وأن تضمن لكل الدول الأعضاء منافع أكثر، مع الأخذ بعين الاعتبار احتياجاتها الكبرى إلى التدبير الفعال للموارد المائية.

إن تزايد الطلب على المياه في ظل موارد محدودة، وأحياناً غير متجددة، وظهور أنماط حياتية وصناعية جديدة، أدى إلى تصاعد كبير في الاستهلاك، ويزداد الأمر تعقيداً، حينما يتعلق بالبلدان التي تقتسم نفس المورد المائي أو نفس المجرى المائي، كما أصبح التنافس كبيراً وعلى أشده على المياه بين قطاع الري والشرب، وبين البادية والمدينة، وبين المرافق الصناعية والحاجيات السياحية. ويضاف إلى هذا، التزايد على الطلب الناتج عن الكثافة السكانية المتصاعدة، وتنامي حركة التمدن والتصنيع في الوقت الذي بدأ التصحر وتلوث البيئة وتأثير التقلبات المناخية، من جفاف وفيضان، يغزو أجزاء كبيرة من الدول العربية. ونتيجة لهذه العوامل، فقد طرأت على الموارد المائية تغيرات كمية ونوعية، أثرت على مجاري المياه وتخزينها

---

[84] استراتيجية تدابير الموارد المائية في العالم الإسلامي، إيسيسكو، ص8-9

في السدود والبحيرات، وعلى أحواض المياه الجوفية، انعكست سلباً على تأمين الإمداد بالمياه.

وفي هذا الإطار، تعتبر الإدارة المتكاملة للموارد المائية، الخيار الأجدى للتغلب على هذه المشكلة بالغة الأهمية، لأنه بدون الاستخدام الأمثل للمياه لا يمكن ضمان استمرارية تلبية حاجات جميع القطاعات من هذه المادة الحيوية.

2. **القدرة المؤسسية**

إن الإدارة المتكاملة للموارد المائية، ينبغي أن تعالج جميع قضايا إدارة الموارد المائية، من حيث علاقاتها ببعض، وقطاع المياه ككل، بهدف تعزيز الفعالية والاستدامة، وبما أن لقطاع الموارد المائية علاقات عمودية وأفقية، فإن نظاماً كهذا لا يمكن أن يقوم بدون منهجية متكاملة تمكن المؤسسة من إدارة موارد المياه بصورة فاعلة.

3. **قدرة البحث العلمي**

إن العالم يموج في الوقت المعاصر بتحولات جديدة، تركز على العولمة والتنافسية والتسلح بالمعرفة العلمية الحديثة، مما يستدعي البحث عن النقط الإيجابية لهذه الظاهرة العالمية، واستغلالها في خدمة النمو الإنساني، ولذا يتوجب علينا استنباط الطرق الكفيلة لاستثمارها، من أجل تنمية الموارد المائية، ولن يتأتى ذلك إلا بمضاعفة الاستثمار في الموارد البشرية، باعتباره أنجح وسيلة لمواجهة التحديات التكنولوجية والعلمية والمعلوماتية للقرن 21، خاصة وأن مؤشر العناية والاهتمام بالبحث العلمي يحدد مستقبل الدول والأمم ومكانتها.

وإذا كان البحث العلمي أساس كل تطور وتقدم، فإن تشجيعه في ميدان الموارد المائية يعدّ من الاستراتيجيات التي يتوجب نهجها واعتمادها والعمل على تحقيقها بكل الوسائل، مما يتطلب منا التأكيد على سنّ سياسة البحث العلمي وتخصيص الاعتمادات المالية اللازمة لها، أسوة بالبلدان المتقدمة صناعياً وتكنولوجياً، بغية تطوير تقنيات الاقتصاد في استهلاك المياه، وتحلية مياه البحر بهدف تخفيض تكلفتها

وتعميمها، وتنقية المياه المستعملة وإعادة استعمالها، وتقنيات نقل المياه وتحويلها بين المناطق، والوقاية من الفيضانات.

4. **أهمية التشريعات في الإدارة المائية**

ترتكز الإدارة المتكاملة للموارد المائية، على تشريع أساس متطور، وإجراءات قابلة للتطبيق، إلا أن أهم المشكلات المستعصية تتجلى في تعدد المعنيين في ميدان المياه، وافتقارها إلى التنسيق المحكم، ووجود ثغرات هامة في القوانين والأنظمة المعمول بها، خاصة المتعلقة بحماية الموارد المائية ومكافحة التلوث.

5. **استراتيجيات التعاون بين دول المنطقة**

إن التعاون بين الدول العربية يمكن أن يحدد أفضل السياسات الممكنة لإدارة الموارد المائية، فإذا كانت البلدان المتقدمة صناعياً والجهات المانحة لم تف بإلتزاماتها، بشأن زيادة المساعدات الرسمية، لتصبح 0.7 في المائة من ناتجها الإجمالي، طبقاً لتوصيات مختلف المؤتمرات الدولية، فإنه يتوجب على الدول العربية، في ظل الظروف الدولية الراهنة العصيبة، أن تقوم بمبادرات في مجال تمويل المشاريع المائية، حسب الإمكانات والقدرات المتوافرة، من خلال مضاعفة الجهود المبذولة من طرف الأجهزة والصناديق الموجودة في الدول العربية، المتخصصة في مجال التنمية، واستثمار كافة المقررات الصادرة عن المؤسسات الدولية المتخصصة، لتقليص كلفة المعاملات المالية ونسبة الفوائد على القروض، ودعم الجهود الدولية الرامية إلى إلغاء ديون الدول الأكثر فقراً.

6. **التوعية وإشراك المستفيدين في إدارة الموارد المائية**

إن إدارة الموارد المائية والاقتصاد في استعمالها، يتطلب في المقام الأول وضع "ميثاق أخلاقي" ينظم ويراقب الحقوق والمسؤوليات بكل ما يتعلق بالمياه، وتعدّ التوعية ومشاركة كل الأطراف المعنية محدداً أساساً لضمان فرص نجاح أية استراتيجية.

مجال تخطيط وإدارة الموارد المائية[85]

1. التأكيد على أهمية دور التخطيط المائي في حماية الموارد الطبيعية للمياه وتأمين التنمية المستدامة لهذه الموارد، وذلك من خلال سياسات مائية وطنية تهدف إلى الإدارة المتكاملة لكل من الموارد المتاحة والطلب على المياه، مع التنسيق الإقليمي في هذا الخصوص، ومراعاة اقتصاديات توظيف المياه والميزة النسبية لأوجه الاستخدام.
2. تشجيع ودعم البحث والتطوير والدراسات الهادفة إلى تخطيط و إدارة الموارد الطبيعية وغير التقليدية وفي كافة أوجه الاستخدام المائي، وحث الدول العربية على تدارس فكرة إنشاء مركز إقليمي لبحوث المياه تتكامل فيه الإمكانات والجهود والخبرات الوطنية لمواجهة التحديات المائية التي يكشف عنها القرن القادم، وتفعيل دور مراكز البحث العلمي والجامعات مع الجهات الرسمية والخاصة المعنية في مجال تخطيط وإدارة الموارد المائية.
3. مراجعة وتحديث التشريعات المائية وتفعيل وتقوية آليات تنفيذها لما تلعبه التشريعات من دور في نجاح السياسات والخطط المائية.
4. استخدام التقنيات الحديثة مثل تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والأنظمة المساندة لاتخاذ القرار والنماذج الرياضية في مجال تخطيط و إدارة الموارد المائية.
5. الحاجة إلى تبني المزيد من برامج زيادة الوعي المائي العام ومشاركة مستخدمي المياه بما يؤدي إلى تحقيق أهداف سياسات الترشيد والمحافظة على المياه.

---

[85] الكردي، التنمية المستدامة لإدارة موارد المياه، kenanaonline.com

6. التأكيد على أهمية التدريب وبناء القدرات وتطوير الكوادر الوطنية العاملة بكافة قطاعات المياه وتبادل الخبرات، وحث الدول العربية على زيادة التنسيق والتعاون في هذا المجال.
7. تشجيع القطاع الخاص وتفعيل دوره في مجال إنشاء وتشغيل وصيانة المشاريع المائية المختلفة ودعم البحث العلمي في مراكز البحث في الدول العربية

مجال موارد المياه الطبيعية

1. دعوة الدول العربية إلى اتخاذ الإجراءات العاجلة للحفاظ على موارد المياه الجوفية والاستغلال الأمثل والعمل على زيادة مخزونها باستخدام أساليب التغذية المختلفة، مع ضرورة تقييمها بصورة مستمرة عن طريق شبكات رصد مثلى تصمم خصيصا لمراقبة مستويات ونوعية المياه وتطويرها لتحقيق أهداف الإدارة المثلى لهذه الموارد.
2. تشجيع وتبادل الخبرات في مجال الحصاد المائي بين الدول العربية والتأكيد على الاستفادة من الموارد السطحية في بعض الدول العربية.
3. تشجيع ودعم دور البحث والتطوير في مجال حماية المياه الجوفية وهيدرولوجيا المياهالسطحية والمشاركة في الشبكة العربية الإقليمية لحماية المياه الجوفية والشبكة العربية الإقليمية لهيدرولوجيا الوديان.
4. تشجيع التعاون الإقليمي وتبادل الخبرات في دراسة وتقييم جدوى وتأثير تغذية المياهالجوفية بمياه الصرف الصحي المعالجة جزئيا من خلال مشروعات حقلية رائدة.

مجال المياه المحلاة

1. تمثل تحلية المياه المالحة أحد المصادر الأساسية للمياه العذبة في منطقة الخليج وهناك حاجة ماسة لنقل وتطوير احدث التقنيات والطرق الواعدة في هذا المجال وذلك بهدف خفض تكلفة المياه المحلاة.
2. تشجيع إجراء البحوث الأساسية والتطبيقية لتحسين وتطوير عمليات تحلية المياه في مجالات تطوير نظم المعالجة الأولية، التقليل من استخدام مواد موانع الترسيب، وتطوير المواد الإنشائية المستخدمة في عمليات تحلية المياه للإقلال من آثار تآكل المعادن والسبائك .

مجال معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي والصرف الزراعي

1. التأكيد على تنمية تدوير مياه الصرف الصحي المعالجة والصرف الزراعي للأغراض المختلفة تخفيفا للضغط على موارد المياه الطبيعية الشحيحة.
2. دعم جهود التعاون والتنسيق وتبادل الخبرات بين الجهات المختصة ومراكز البحث في الدول العربية في مجال تقييم واختيار تقنيات معالجة مياه الصرف الملائمة ومتابعة التطورات التقنية والتطبيقية العالمية في هذا المجال.
3. العمل على وضع معايير موحدة للدول العربية في مجال إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة للأغراض المختلفة (الزراعية، البلدية، والصناعية، وغيرها) وتحديثها بما يتلاءم مع بيئة الدول العربية وظروفها الاقتصادية والاجتماعية.
4. سن القوانين اللازمة للسيطرة على مياه الصرف الصناعي لتحقيق استخداماتها الآمنة ووضع الضوابط المناسبة لمنع تصريفها في شبكات مياه الصرف البلدي، إلا بعد المعالجة اللازمة.

5. تشجيع ودعم الدراسات والبحوث في مجال تقويم المخاطر الصحية والبيئية المرتبطة بمعالجة مياه الصرف وإعادة استخدامها للأغراض المختلفة.

إدارة الطلب على المياه

مشكلات المياه الأساسية في بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا[86]

أولاً: مشكلات كم وجودة المياه: تساقط الأمطار نادر للغاية في المنطقة ويصعب التنبؤ به. والمنطقة عرضة لنوبات جفاف وارتفاع في درجات الحرارة. المياه السطحية المتوافرة تتراجع وتنقص ويتم استنفاذ المياه الجوفية بمعدل مرتفع بما يتجاوز قدرتها الطبيعية على إعادة الشحن، وبالتالي يقلل هذا من توافر المياه الجوفية ويتسبب في زيادة ملوحتها وتحلل النظم البيئية. بالإضافة لذلك، فانه يتم إنتاج المزيد من مياه الصرف غير المعالجة مع التخلص منها، فتجد طريقها بطبيعة الحال إلى خزانات المياه الجوفية.

ثانياً: الطلب على المياه يتزايد في المناطق الريفية والحضرية على حد سواء. فثمة حاجة لمزيد من المياه في الزراعة والصناعة وللاستخدام المنزلي، وتعد الزراعة هي أكثر القطاعات استهلاكاً للمياه في المنطقة، 85٪ تقريباً من إجمالي استهلاك المياه.

ثالثاً: سوء إدارة المياه، كفاءة استخدام المياه من قبل جميع القطاعات منخفضة، على الأخص بمجال الزراعة. يميل المزارعون إلى المبالغة في الري، وثمة فاقد كبير من المياه خلال النظام، تتسرب المياه من الأنابيب وتقطر صنابير المياه ولا يتم فعل الكثير لتفادي تلوث المياه.

رابعاً:المياه حق لجميع الأشخاص: الفقراء والأغنياء والرجال النساء وصغار المزارعين وكبارهم. ودون وجود سياسة تفاعلية صريحة تستند إلى الأدلة العلمية

---

[86] إدارة الطلب على المياه، www.idrc.ca/wadimena

والتي من شأنها أن تضمن بشكل نشط حق الجميع في هذا المورد الثمين، فسوف تنشب النزاعات وتسود الاضطرابات الاجتماعية والفقر.

خامساً: لا توجد محفزات اقتصادية أو اجتماعية لتوفير المياه، وفيما يتزايد الوعي العام بشأن القضية، فما زال يجب بذل الكثير من أجل نشر سلوك الحفاظ على المياه بين الناس.

سادساً: لكي تكون سياسة المياه تفاعلية، هناك حاجة للمزيد من العمل في المنطقة على كيفية تصميم السياسة للوفاء باحتياجات وتوقعات كل مستهلكي المياه على أساس من المساواة. والحكم الرشيد بمجال المياه يجب أن يصبح أكثر ديمقراطية وشفافية، ويجب أن يفي بشكل مباشر باحتياجات الفقراء والمهمشين في المجتمع، مثل فقراء الحضر والمزارعين الصغار أو من غير مُلاك الأراضي والنساء.

قد يكون من الصعب وضع تعريف واحد لإدارة الطلب على المياه. ولما كانت إدارة الطلب على المياه مسألة تتعلق بالسياسات أكثر منها بالتكنولوجيات فإنها تركز على إدارة احتياجاتنا من المياه العذبة ذات الجودة العالية.وإدارة الطلب على المياه ذات صلة أقل بمد مواسير المياه أو تركيب مضخاتها ولكنها أداة لتغيير طرق استخدامنا للمياه ومعدلات استخدامنا لها. ومن الناحية العملية، فإن إدارة الطلب على المياه تسعى لتحقيق ثلاثة أهداف رئيسية: الكفاءة، والعدالة، والاستدامة. [87]

أدوات إدارة الطلب على المياه[88]

انصبت سياسات المياه حتى وقت قريب في بلدان الشرق الاوسط وشمال افريقيا على زيادة العرض أوالإمدادات، وتم توظيف استثمارات كبيرة وإقامة منشآت البنية التحتية وتشغيلها وصيانتها. لكن السياسات الحالية تشهد تحولاً نحو إدارة الطلب، لمواجهة الوضع المائي الجديد الحرج، الناتج عن عددٍ من العوامل المتراكمة

---

[87] المبادرة الإقليمية لإدارة الطلب على المياه، موجز سياسات رقم (1)

[88] http://kenanaonline.com

مثل: استنزاف الموارد المائية أو نضوبها وتدهورها النوعي؛ والاستخدام الغير كفؤ لها؛ وازدياد التنافس عليها؛ والافتقار إلى تخطيط شمولي لها. وإلى جانب إدارة العرض تلعب إدارة الطلب على المياه دورًا هامًا في تلبية ثلاثة أهداف أساسية للاستعمال المستدام للمياه هي: الكفاءة الاقتصادية، والمساواة الاجتماعية، والاستدامة البيئية.

وهناك ثلاثة أنواع من أدوات إدارة الطلب هي: الأدوات الاقتصادية، والأدوات التشريعية والمؤسساتية، والتوعية وبناء القدرات.

1. الأدوات الاقتصادية

تشمل الأدوات الاقتصادية في قطاع المياه عددًا من الإجراءات العملية، ومنها: استرداد تكلفة المياه، وإعادة هيكلة مؤسسات المياه بما يخدم إدارة الطلب وخصخصتها، وتشجيع أسواق المياه، وتشجيع القطاع الخاص ليلعب دورًا فاعلا في مجالات ترشيد استخدامات المياه.

- **استرداد تكلفة المياه :**

من الناحية النظرية، يعتبر الالتزام باسترداد تكلفة إنتاج المياه وإيصالها للمستهلكين بتعرفة قريبة من تكلفة الإنتاج أداة من أدوات إدارة الطلب الرامية إلى تقييد السلوك الاستهلاكي. وقد تناولت دراسات عديدة سياسة استرداد التكلفة كعنصر أساسي في أية استراتيجية لإدارة الطلب على المياه.

وتعتبر ظاهرة تسعير المياه بأقل من قيمتها الاقتصادية وتغطية الفارق عن طريق الدعم الحكومي من الظواهر المنتشرة في معظم بلدان المنطقة.

وتجدر الإشارة الى أن بيان دبلن قد أورد ضمن مبادئه التوجيهية أن للماء قيمة اقتصادية في جميع استخداماته، وينبغي التسليم بأنه سلعة اقتصادية (المبدأ رقم 4). كما أن الدراسات والوثائق التي انبثقت عن مؤتمرات لاحقة اعتبرت أن الماء سلعة

اقتصادية واجتماعية. ولقد أصبح من المسلم به ضرورة أن تفي تعرفة المياه (سواءً للري أو الاستخدامات البلدية) بالمتطلبات التالية:

- توفير موارد مالية لصيانة وتشغيل مرافق نقل المياه وتوزيعها.
- توفير حوافز للمحافظة على المياه، ولاعتماد تكنولوجيات مقتصدة في استهلاك المياه.

كما ينبغي أن يكون استرجاع التكاليف هو الهدف الأدنى عند تحديد تعرفة المياه لمختلف الاستخدامات، مع السعي لاعتماد هيكل تعرفة تدريجي وبسيط يكون شفافًا وعادلا.

وهناك طرق عديدة لتحديد التعرفة المناسبة للمياه، أقصاها أن تغطي التعرفة ليس فقط كلفة التشغيل والصيانة وتوصيل المياه إلى المستخدم، بل يضاف إلى ذلك أيضًا كلفة استنفاد الموارد والضرر البيئي الناجم عن ذلك، مع الأخذ بالاعتبار الظروف الاقتصادية والاجتماعية لمستهلكي المياه. ولكن ولأسباب اجتماعية يستحسن استرداد الكلفة الأخيرة على مراحل.

وكخطوة أولى ينبغي أن تكفل التعرفة استعادة كلفة التشغيل والصيانة، بالإضافة إلى نسبة من التكاليف الاستثمارية، مع التشجيع على تحسين كفاءة استعمال المياة هذاعلى الصعيد الكمي، أما على الصعيد النوعي، فإنه من المهم أيضًا تطبيق مبدأ "الملوث يدفع"، وذلك لضبط مصادر التلويث، وبشكل خاص التلويث الصناعي، وهو مبدأ معمول به في الدول المتطورة.

- **أسواق المياه**

يقصد بتعبير "أسواق المياه" البيع المحلي غير الرسمي للمياه في بلد ما. ويمكن استخدام أسواق المياه كأداة لتحصيص إمدادات المياه. ويمكن أن يشمل بيع المياه نقل حقوق المياه بين المشترين والبائعين بمقابل. ويحدد سعر المياه حسب العرض والطلب، وبحسب تكلفة نقلها وسهولة إيصالها إلى مكان الاستخدام. ويتوقف

لنجاح سوق المياه على تحقيق شروط عدة، منها: تقبل المجتمع له، ومدى الوضوح أو التحديد لحقوق المياه، ووجود هيكل تنظيمي مستقر للمياه، وقابلية المياه للنقل، وقدرة المؤسسات على تسوية النزاعات المائية. ويمكن لأسواق المياه أن تكون آلية فعالة لتوزيع المياه توزيعًا عادلاً على الأشخاص، سواء كانت لديهم حقوق في المياه أم لا، شريطة أن يتم تنظيمها تنظيمًا فعالاً ومراقبتها بصورة مستمرة.

- **الخصخصة**

تعتبر الخصخصة من الأدوات الاقتصادية التي يمكن أن تلعب دورًا هامًا في إدارة الطلب على المياه، من خلال تشجيع القطاع الخاص على الاستثمار في قطاع المياه. ويمكن اعتبار الخصخصة وسيله لنقل العبء المستقبلي الثقيل لتكاليف إمدادات المياه من القطاع العام إلى القطاع الخاص. لكن نقل ملكية أو إدارة مرافق المياه العامة إلى القطاع الخاص يتطلب وضع سياسات وأنظمة قانونية وإدارية واضحة، لضبط هذه العملية وحماية المستهلكين. وتتطلب عملية الخصخصة توافر بعض الشروط الأساسية. وتتطلب الحالة الاجتماعية والاقتصادية اتخاذ تدابير لبناء الثقة.

2. **الأدوات التشريعية والترتيبات المؤسسية:**

تشمل الأدوات التشريعية القوانين والأنظمة واللوائح، وغيرها من النصوص القانونية، المتعلقة بإدارة المياه في مختلف الجهات والقطاعات المستخدمة للمياه. ويجب أن تتضمن التشريعات المائية إرشادات حول استخدام الموارد المائية، بما في ذلك تحلية المياه وأولويات استخدامها وتكلفتها، وصلاحيات السلطات المسؤولة عن مراقبة الاستخدام، والحماية والتسعير، وتحديدًا للاستخدامات المفيدة، وكذلك صلاحيات إصدار رخص الاستخدام وأحكام حل المنازعات.

وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن تتضمن التشريعات المائية آليات مناسبة لضمان أعدل الاستخدامات الاقتصادية والمستدامة للموارد المائية المتاحة، مع مراعاة

الظروف الاجتماعية والاقتصادية، والحاجة إلى التنمية الوطنية. كما لا بد من التركيز على جوانب إدارة وتقوية آليات إنفاذ هذه التشريعات.

ولا بد كذلك من وضع الآليات اللازمة لتنسيق جهود مختلف الهيئات العاملة في مجال المياه، وكذلك لتحديد مسؤوليات هذه الهيئات، بما يسهم في تطوير التنمية والإدارة المتكاملتين للموارد المائية.وتخضع الحقوق المتصلة بالمياه - في معظم الشرق الأوسط وشمال أفريقيا لمبادئ الشريعة الإسلامية، أوخليط من نصوص الشريعة مع بعض عناصر من القوانين العثمانية والفرنسية والحديثة. أما ملكية حقوق المياه فتعتمد في بعض الحالات على مبادئ تقاسم المياه المستندة الى العادات والتقاليد .وقد سنت معظم البلدان في المنطقة قوانين تنص صراحة على أن الموارد المائية ملكية عامة تستند إلى نصوص مشابهة في دساتير هذه البلدان.

وهناك حاجة لتحسين ترتيباتها المؤسسية للمياه. وهنالك حاجة لتعزيز اللامركزية في مؤسسات المياه، فيما يتعلق بخدمات المياه وتنفيذ المشروعات المخططة، مع تأكيد أهمية مركزية تخطيط تنمية وإدارة وتشغيل المشاريع المائية ومع السعي لمشاركة مختلف الجهات المعنية في هذا التخطيط، خاصة مؤسسات المجتمع المدني والمنظمات غير الحكومية. كذلك هناك حاجة لتعزيز دور المرأة في تخطيط مشروعات مياه الشرب، خصوصًا في الأرياف. وهنالك ضرورة لتحديد صلاحيات/ اختصاصات كل مؤسسة من مؤسسات المياه، وتحقيق التكامل الأفقي بينها، وإنفاذ التشريعات من خلال تدابير إدارية وقانونية مناسبة. كما يلزم الإهتمام برفع كفاءة الاستخدام والسيطرة على التلوث والحد من الاستخدام الجائر للمياه. ومن المهم أيضًا أن تستند إدارة المياه إلى نهج تشاركي يضم مستخدمي المياه ومخططيها وواضعي سياساتها، من جميع المستويات، وذلك لوضع سياسات فعالة لمواجهة الاحتياجات المحددة حسب مبادئ دبلن.

3. التوعية وبناء القدرات والتدريب

إن توعية كافة مستخدمي المياه، بضرورة استدامة هذه الموارد، يعتبر من الأدوات المهمة جدًا في سياسات إدارة الطلب. ومن هذه الأدوات أيضًا تعزيز ثقافة الاستخدام الرشيد للموارد المائية والمحافظة عليها وإدارتها بصورة صحيحة. وتجري التوعية بتنظيم الحملات والبرامج الإرشادية من خلال وسائل الإعلام، أو بتنظيم ورش العمل على المستوى الوطني، وعقد البرامج التثقيفية لقضايا المياه في كافة القطاعات المستهلكة - بما في ذلك قطاع الري – للتنبيه إلى ضرورة المحافظة عليها وحمايتها، مع التأكيد على أنها ليست موارد مجانية أو هبة، كما هو متعارف عليه إلى الآن في المنطقة. كذلك لا بد من التوعية إلى أن حق الإنسان في الحصول على المياه الآمنة وبكميات كافية، هو حق مكفول تم التأكيد عليه في إعلان الألفية، لكنه لا يتناقض مع أهمية تحقيق الاستخدام الكفؤ والمنصف. كما يجب أن تتطرق برامج التوعية للقيم الثقافية والاجتماعية للمياه.

إن تنمية وبناء القدرات البشرية يشكل حجرًا أساسيًا في عملية التنمية المستدامة. إذ تواجه مؤسسات تأهيل وتدريب الكوادر البشرية في مجال المياه في المنطقة معوقات تعترض سبل نهوضها بمهامها. ولهذا فإن هناك حاجة ماسة لتطوير التعليم الجامعي في مجال المياه، وتدريب الفنيين وتحسين كفاءات ومهارات مختلف الكوادر العاملة في قطاع المياه.

إن من مهام إدارة الموارد المائية إجراء تنسيق وتوازن بين آليات العرض والطلب، وتلك المهام تتطلب الاستناد لمعايير تحقق الأهداف المعلنة لتأمين المتطلبات السكانية وتنمية المورد المائي والمحافظة عليه من التلوث وتحقيق النهج الاقتصادي المطلوب. ويمكن تلخيص المعايير الأساسية لآلية الطلب بـ:

1. " الحالات القادرة على تغير الشرعية (القانونية) والمؤسسية بحيث يمكن تخزين المياه واستعمالها، وتشمل الأدوات (السياسات) كسياسة إصلاح

حقوق المياه والخصخصة في استعمال المياه والقوانين الخاصة بمساعدة مستخدمي المياه (الريفيين والحضريين).

2. المكافآت الخاصة بسوق المياه التي تؤثر مباشرة في سلوكيات مستخدمي المياه لحفظ المياه واستخدامها. وتشمل الأدوات (السياسات) كسياسة إصلاح تسعيرات المياه وتقليص دعم استهلاك المياه في المناطق الحضرية والتكاليف البيئية والضرائب والإعانات الأخرى.
3. أدوات خارج نطاق السوق وتشمل محددات منح الرخص ومراقبة التلوث ونظام الحصص.
4. التدخل المباشر وتشمل برامج الصيانة والإصلاح واكتشاف الفجوات والاستثمار لتحسين البنى التحتية".

وتتمثل السُبل الرئيسية لخفض حجم الطلب على المياه بـ: اعتماد طرق الري الحديثة؛ وإعادة صيانة شبكات المياه لمنع التسربات؛ وطرق تقنية وقانونية : إجراء دراسة دقيقة وحصر شامل للموارد المائية؛ وإجراء تعديلات على السياسات المائية؛ وسَّن قوانين وتشريعات جديدة خاصة بالمياه؛ وإجراء تنسيق بين جميع قطاعات الدولة؛ وربط الدعم الحكومي للمزارعين بعملية تقنين المياه.

أما المعايير الأساسية لآلية العرض فتتمثل بـ: تأمين المتطلبات المائية لجميع السكان لتطبيق مبدأ العدالة في توزيع المياه؛ وتأمين المتطلبات المائية للقطاعات التنموية الجديدة ومنها القطاعين الصناعي والزراعي.. وغيرها؛ وخلق حالة من التوازن بين حجم الموارد المائية المتاحة وحجم المتطلبات؛ وتنمية الموارد المائية والمحافظة عليها من التلوث لتأمين الحاجات المستقبلية.

وقد لخص الدكتور سامر مخيمر البدائل المطروحة لتجاوز الفجوة المائية الحالية ما بين العرض والطلب (الموارد المائية المتاحة والاحتياجات الفعلية للاستهلاك) في المنطقة العربية فيما يلي: [89]

1- ترشيد استهلاك الموارد المائية المتاحة.

2- تنمية الموارد المائية المتاحة.

3- إضافة موارد مائية جديدة.

فبالنسبة إلى ترشيد الاستهلاك هناك عدة أساليب يمكن إتباعها مثل: رفع كفاءة وصيانة وتطوير شبكات نقل وتوزيع المياه، تطوير نظم الري، رفع كفاءة الري الحقلي، تغيير التركيب المحصولي وكذلك استنباط سلالات وأصناف جديدة من المحاصيل تستهلك كميات أقل من المياه، وتتحمل درجات أعلى من الملوحة.

أما بالنسبة إلى تنمية الموارد المائية المتاحة، فهناك عدة جوانب يجب الاهتمام بها مثل: مشروعات السدود والخزانات وتقليل المفقود من المياه عن طريق البخر من أسطح الخزانات ومجاري المياه وكذلك التسريب من شبكات نقل المياه.

أما بخصوص إضافة موارد مائية جديدة، وهو الموضوع الأهم من وجهة نظرنا وخصوصاً لدول الخليج العربية، فيمكن تحقيقه من خلال محورين:

أولاً: إضافة موارد مائية تقليديـة مثل المياه السطحية والمياه الجوفية، حيث أن هناك أفكاراً طموحة في هذا المجال مثل جر جبال جليديـة من المناطق القطبية وإذابتها وتخزينها، ونقل الفائض المائي من بلد إلى آخر عن طريق مد خطوط أنابيب ضخمة وكذلك إجراء دراسات واستكشافات لفترات طويلة لإيجاد خزانات مياه جوفية جديـدة. ولكن جميع هذه الأفكار هي في الواقع أفكار مكلفة للغاية وتحتاج إلى وقت طويل لتطبيقها عملياً بالإضافة إلى أنها لا يمكن الاعتماد عليها كمصدر أمن للمياه.

---

[89] http://www.khayma.com/madina/watersave.htm

ثانياً: إضافة موارد مائية غير تقليدية (اصطناعية) ويمكن تحقيق ذلك عن طريق استغلال موردين مهمين هما مياه الصرف الصحي ومياه التحلية. ولعل هذا الموضوع هو من أهم المواضيع التي يجب على الدول الفقيرة بالموارد المائية الطبيعية، ومنها دول الخليج العربية، الاهتمام بها والتركيز عليها كمصدر أساسي ومتجدد (غير ناضب) للمياه. فمياه الصرف، سواءً الصناعي أو الزراعي او الصحي، يمكن معالجتها بتقنيات حديثة وإعادة استخدامها في ري الأراضي الزراعية وفي الصناعة وحتى للاستخدام الآدمي (تحت شروط وضوابط معينة) بدلاً من تصريفها دون معالجة إلى المسطحات المائية مما يتسبب في مشاكل بيئية خطيرة تؤدي إلى هدر مصدر مهم من مصادر الثروة المائية. ولعل تزايد اهتمام الدول الغنية بالموارد المائية، مثل الدول الأوروبية وأميركا، والمتمثل في المبالغ الطائلة التي تنفق سنوياً بهدف تحسين تقنيات معالجة هذه المياه وإعادة استخدامها لهو الدليل القاطع على أهمية هذا المورد وعلى ضرورة اهتمام الدول الفقيرة به والعمل على توفيره كمصدر إضافي للموارد المائية.

أما بالنسبة لمياه التحلية، فمما لا شك فيه أن معظم الدول العربية هي دول ساحلية مما يعطيها ميزة وجود مصدر للمياه بكميات لا حدود لها يمكن تحليتها والاعتماد عليها كمورد إضافي، بل في بعض الدول مثل الدول الخليجية كمصدر أساسي للمياه. فعلى سبيل المثال تمثل مياه البحر المحلاة أكثر من 75٪ من المياه المستخدمة في دول الخليج العربية بينما ترتفع النسبة إلى 95٪ في دولة الكويت.

وتمتاز موارد مياه التحلية عن الموارد الطبيعية بالتالي:

- أصبح بالإمكان اعتبارها مورداً مائياً يعتمد عليه لتوفير المياه العذبة كما هو متبع الآن في منطقة الخليج.
- يمكن إقامتها في مواقع قريبة من مواقع الاستهلاك مما يؤدي إلى توفير إنشاء خطوط نقل مكلفة جداً.

- يمكن اعتبارها ضماناً أكيداً لتلافي نقص الموارد المائية، بغض النظر عن واقع الدورة الهيدرولوجية وتقلباتها.
- تحتاج إلى تكلفة رأسمالية منخفضة لكل وحدة سعة مقارنة بتكلفة إقامة وتشغيل منشآت تقليدية مثل السدود، ولكنها تحتاج إلى تكلفة تشغيلية أعلى بكثير.
- تتألف من معدات ميكانيكية، ولذلك فمن المتوقع أن يستمر تطوير كفاءتها واقتصادياتها.
- لها القدرة على معالجة وتحويل مياه البحر والمياه المالحة الأخرى إلى مياه ذات نوعية ممتازة صالحة للشرب، ولذلك فهي تخلو من عوائق سياسية أو اجتماعية أو قانونية كتلك العوائق التي تتعلق باستغلال الموارد الطبيعية المشتركة مثل الأنهار.
- متوفرة بأحجام متنوعة وتقنيات مختلفة بحيث يمكن استخدام المناسب منها للغرض المطلوب لتلبية احتياجات المياه.
- مناسبة أكثر لعمليات تنظيم تمويل مشاريعها مقارنة بعمليات تمويل المشاريع المائية التقليدية.
- فترة إنشائها أقصر بكثير من فترة إقامة خطوط نقل مياه من مناطق نائية.

لذا فإن على القائمين على تخطيط الموارد المائية في كافة أنحاء العالم أن يأخذوا موارد مياه التحلية في اعتبارهم لتؤدي الأغراض التالية:

- مصدر مائي متكامل قائم بذاته ويمكن استخدامه كذلك كمصدر مياه عذبة إضافي لتكملة موارد المياه التقليدية.
- مورد أساسي للاعتماد عليه في حالات الطوارئ خاصة في مواسم الجفاف وعدم توفر مياه كافية.
- مورد بديل لنقل المياه عبر مسافات طويلة.

- تقنية يعتمد عليها لتحسين ودعم نوعية المياه المتوفرة.
- مصدر مائي لنوعية مياه مناسبة جداً لتطبيقات صناعية وغيرها من الأغراض.
- تقنية مناسبة لمعالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي وإزالة جميع الملوثات ومسببات الأمراض.

وفي المناطق التي تعاني من نقص شديد في المياه العذبة، تعتبر هذه السلعة ثمينة جداً وذات أهمية استراتيجية، وقد اكتسبت صفة السلعة الاستراتيجية لكونها ذات أهمية حيوية وسلعة نادرة، حالها في ذلك حال السلع الاستراتيجية الأخرى التي تتصف بالندرة والحاجة الحيوية لها مثل النفط وبعض المعادن الثمينة. والسلع الاستراتيجية المذكورة تتصف بخواص مشتركة أهمها:

1. الحاجة إلى توفيرها وتخزينها.
2. الحاجة إلى أعمال بحث وتطوير لتقليل استخدامها والمحافظة عليها ومعالجتها وإعادة استخدامها.
3. البحث عن موارد لبدائلها.

إدارة المياه والري

الري

الري هو عملية زراعية لتزويد النبات بما يحتاجه من الماء، والري وحده لا يكفي لنمو المحاصيل والنباتات، ولكنه يكون مفيداً وفعالاً بتفاعله مع العمليات الزراعية الأخرى، مثل:

1. تهيئة التربة.
2. إضافة الأسمدة.
3. مكافحة الأعشاب والقوارض.
4. الحصاد الجيد.
5. الصرف المناسب.

أغراض الري

يجعل الماء المضاف إلى التربة المواد الغذائية والأسمدة مهيأة للامتصاص بواسطة الجذور، والري ضروري خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، كما أن للري أغراض إضافية أخرى يمكن تلخيصها بما يلي:

1. تأمين المحصول ضد فترات الجفاف قصيرة المدى.
2. تلطيف درجة حرارة التربة والجو المحيط لتهيئة ظروف بيئية ملائمة لنمو النبات.
3. تقليل تأثير الصقيع على النبات.
4. غسل التربة من الأملاح.
5. تقليل تشقق التربة.
6. تسهيل عمليات تفتيت وتفكيك كتل التربة المتماسكة أثناء الحراثة

أهمية الري لا تنحصر فقط في المناطق الجافة، بل تتعداها إلى مناطق أخرى لمنافعه المتعددة. ويعد الري خير ضمان لنجاح الزراعة وتطورها في المناطق التي تكثر فيها الأمطار المتذبذبة خلال المواسم، أو إذا ما تأخر المطر أو قلت كمياته.[90]

أنواع الري

1. الري الكامل

في هذا النوع من الري تعد مياه الري التي يتم التحكم بها بصورة كاملة المصدر الرئيس للرطوبة، بينما يعد الهطول (المتباين والمحدود بشكل كبير) ثانوياً (تكميلياً).

2. الري التكميلي

الري التكميلي هو تدخل مؤقت صمم ليؤثر على عملية توفير المياه ليزيد في النتح الطبيعي للنباتات. و هذه العملية ليس لها اثر عندما يكون الهطول

[90] عواد، هندسة الري والصرف، 1424 هـ، ص2

اليومي للمطر في أغلب الحالات ملائماً ويساعد على نمو المحاصيل، إلا أنه هناك فترات متكررة من شح المياه والتي يمكن أن تموت المحاصيل خلالها أو تضعف الغلال (المحاصيل) وتخف بشكل كبير بفعل قلة الرطوبة. ومن الواضح بأن مثل هذه الحالة تتطلب إما التخزين السطحي أو الاستفادة من المياه الجوفية. وحيث يكون الماء محدوداً بالنسبة للأرض، فإن الري التكميلي سيكون مرغوباً فيه لأن مقدار الهطول (والذي سوف من ناحية أخرى يتبخر مباشرة من التربة المكشوفة أو يرتشح بواسطة المحاصيل الغير اقتصادية) تزيد بواسطة إضافة مقادير ضئيلة نسبياً من الماء، الأمر الذي يضمن بقاء المحصول اقتصادياً.

يمكن تعريف الريّ التكميلي على أنه تطبيق مقدار محدود من الماء على المحصول عندما لا يفي الهطول بتوفير الماء الكافي لنمو النبات و ذلك لزيادة الغلة (المحصول) وتقويتها. التقييد الرئيسي في إنتاج المحصول في أنماط مناخية متوسطية (مناخ البحر المتوسط) هو أن ماء التربة غير الكافي في منطقة الجذور ولا يفي بمتطلبات ماء المحصول. فترات إجهاد الماء الشديدة شائعة جداً و غالباً ما تترافق مع أكثر مراحل النمو حساسية. لذلك ، فالماء المزوّد خلال الري التكميلي، إن تم تطبيقه بالمقدار الصحيح وفي الوقت الصحيح، يمكن أن يؤدي إلى اختلاف جوهري في إمكانية الإنتاج للمحاصيل الشائعة العامة.[91]

في العام 1998، شدّدت المنظمة العربية للتنمية الزراعية (AQAD) على استراتيجيات إدارة مياه الريّ في البلدان العربية. فأشارت إلى أنّ اعتماد رسوم للريّ يعتبر شرطاً مسبقاً هاماً لإدارة جيّدة للطلب على الري،لأن ما يلاحَظ هو أنّه بالرغم من النواقص المائية، فإن سوء استخدام المياه في الزراعة واسع الانتشار في الممارسات الحالية لإدارة الريّ. وهذا عائد بشكل أساسي إلى الفشل في الماضي في

[91] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 7-8

الإقرار بالقيمة الاقتصادية للمياه والكلفة الحقيقية لتوفير خدماتها. بالتالي فمن المقبول اليوم أن تعتبر إدارة المياه بصفتها سلعة اقتصادية أداة هامَّة في تحقيق استخدام فعال ومنصف للمياه، وكذلك تشجيع المحافظة على الموارد المائية النادرة وحمايتها. ولكن بالنسبة إلى الكثير من البلدان

العربية، من الصعب التسوية بين مفهوم المياه كسلعة اقتصادية والاعتقاد التقليدي كضرورة أساسية وحق إنساني. إضافة إلى ذلك، يمكن السعي وراء الفرص الكفيلة بتحسين إدارة الطلب على مياه الريّ من خلال أنظمة أفضل لإدارة المياه في المزارع، ويجب التركيز على خفض خسائر توزيع مياه الريّ، وتغيير أنماط المحاصيل، وتحسين برمجة الري، واعتماد تكنولوجيات الري الفعالة.

خسائر المياه في الري في معظم المنطقة العربية جوهرية. ويمكن تحسين فعالية الري بالمقارنة مع مستواها الحالي المنخفض والبالغ 30- 40٪ من خلال تطبيق أنظمة توصيل المياه بأنابيب أو مجارٍ مبطّنة ومشغّلة جيداً، وتطبيق تكنولوجيات الريّ الحديثة وتحسين طرق الريّ السطحي التقليدية. ومن البديهيّ فعلاً أن بعض البلدان العربية قد خفضت خسائر المياه إلى حدّ كبير باستخدام أنظمة مثل الرشّ والتنقيط، مثلاً في المغرب والأردن، حيث يعزى الارتفاع في مستويات فعالية الريّ إلى حوالى 70٪ بشكل أساسي إلى اعتماد هاتين التقنيتين.

كان من نتائج تطبيق الريّ بالتنقيط في معظم أنحاء المنطقة العربية تخفيض خسائر المياه وزيادة الإنتاجية الزراعية. على سبيل المثال، أدّى تطبيق هذه الطريقة في وادي الأردن لريّ 60٪ من المنطقة إلى زيادة متوسط عائدات الخضار ومضاعفة عائدات الفاكهة.أمّا في سوريا، فتطبَّق تقنيات الري بالتنقيط، على أقلّ من 1٪ من المساحة المروية الإجمالية، لكنها يمكن أن تخفض خسائر المياه بنسبة 45٪، بينما باستطاعة تقنيات الرشّ تخفيض الخسائر بنسبة 20٪ فقط. وفي مصر، لا يتعدّى الريّ بالرشّ 27٪ من مجموع المساحة المروية، بالمقارنة مع 16٪ في المغرب، و 11٪ في تونس.

وتتضمن الحواجز الأساسية التي تعترض اعتماد تكنولوجيات ريّ أكثر فعالية في البلدان العربية سعر شراء عالياً، وتكاليف تشغيل وصيانة عالية أيضاً، وعدم توفر سلسلة موثوقة لتوفير الأجهزة والقطع وخدمات الصيانة، والنواقص في العاملين المحترفين الماهرين والمدربين. ومن بين الاستراتيجيات المعتمدة أيضاً، يجب انتقاء تقنيات الري الحديثة بعناية وتكييفها مع البيئة الطبيعية والزراعية والاقتصادية الاجتماعية المحلية، ومع المهارات التقنية والإدارية التي يتمتع بها المزراعون المحليون. لكنّ تحديث خطط الري القائمة يجب أن تسبقه في معظم الحالات تجارب لمفاهيم تصميم بديلة. ويمكن تبرير اعتماد التكنولوجيات المحسنة المكلفة فقط إذا كانت إمكانياتها الزراعية والاقتصادية مستغلة كلياً.

في القسم الأكبر من المنطقة العربية، ما زالت الحوافز الاقتصادية والمالية لتحسين الري غير متوفرة. بالتالي لابدّ من إيلاء أولوية قصوى لتحسين إدارة الطلب على مياه الري بتشجيع المزارعين على الاستثمار في تكنولوجيات توفير المياه وزراعة محاصيل تتطلب كمية أقل من المياه. فالحوافز الاقتصادية المرتكزة على استرجاع كلفة توفير مياه الريّ يمكن أن تؤدي دوراً أساسياً في تحسين الطلب على مياه الري بإقناع المزارعين بالتوجه نحو طلبات قصوى من حيث الأداء. وتخضع عملية انتقاء آلية استرجاع الكلفة المناسبة للدول العربية على اختلافها لتأثير عدد من العوامل، مثل الاستخدام القطاعي، ومستوى الدعم، وحفظ مياه الري، والقدرة على التسديد، والرفاه الاجتماعي الريفي. أما الهدف المزدوج لتوليد الدخل وتشجيع فعالية مياه الري من خلال سياسة استرجاع الكلفة فمن شأنه أن يتطلب تصميم مقاربات مبدعة مع مشاركة قوية من المزارعين.

ويمكن أن يستعمل التنظيم والقيود كأدوات لإدارة الطلب على مياه الري. على سبيل المثال، من شأن الترشيد وخدمات توفير المياه بطريقة دورية أن تحقق ضبطاً جيداً للطلب على مياه الري، ويجب أن تستعمل أثناء موجات الجفاف وحيث

يتخطى الطلب على مياه الري القدرة المادية لأنظمة الريّ المتوفرة. وباستطاعة تطبيق قيود كهذه أن يؤدي إلى وفورات هائلة في مياه الري، خاصة خلال فترات الجفاف. وتشمل الأدوات الفعالة الأخرى لتشجيع التغييرات في أنماط الطلب على مياه الري الحوافز المالية مثل الحسومات والتخفيضات الضريبية لقاء شراء تكنولوجيات توفير مياه الري.[92]

الزراعة وإدارة المياه

في الوقت الراهن تستحوذ الزراعة على مايزيد عن 70 بالمئة من مجموع استخدامات المياه العذبة على ظهر الكوكب وتصل في بعض الدول العربية الخليجية إلى مايزيد عن 80 بالمائة ومنها المملكة العربية السعودية والتي تستحوذ الزراعة فيها على 82 بالمئة من استهلاك المياه العذبة فيها . وفي حين يلزم ما يتراوح بين 2 – 3 لترات من الماء للإيفاء بمتطلبات الشرب اليومية للفرد، ثمة حاجة إلى 3000 لتر لإنتاج مكافئ الاحتياجات اليومية للفرد من الأغذية المتنوعة التي يتناولها الإنسان. إن قضية تأمين المياه الكافية لإنتاج الغذاء سيتفاقم دورها وتكبر ككرة الثلج في مستقبل كرتنا الأرضية فإن عدد الجائعين المتزايد في عالم اليوم، يزيد عن مليار نسمة، أو 15 بالمائة من مجموع سكان العالم أجمع ممن لا يحصلون على ما يسد الرمق، وهذا يؤول إلى الأسوأ ما لم تتخذ قراراتٌ جريئة وتطبق إجراءات ملموسة وسريعة لتدارك الأوضاع.[93]

تزرع المحاصيل في إطار طائفة متنوعة من نظم إدارة المياه، تتدرج من حرث التربة البسيط، إلى زيادة تسرب الهطول، إلى تكنولوجيات وإدارة الري المتطورة. ومن بين أراضي المحاصيل الموجودة على نطاق العالم والتي تقدر مساحتها بما يبلغ 1.4 مليار هكتار، فإن نحو 80 في المئة هي أراضٍ بعلية تُنتج نحو 60 في المئة من الإنتاج

---

[92] اوضاع الأنظمة البيئية للمياه العذبة، البيئة العربية: المياه، الفصل 3، ص6,7

[93] أزمة في نقص المياه أم أزمة في إدارة المياه في الوطن العربي، http://green-studies.com/

الزراعي العالمي. وفي ظل الظروف البعلية، تحاول إدارة المياه التحكم في مقدار المياه المتاح لمحصول من خلال تحريف انتهازي لـ "مسار" مياه الأمطار لحو تحسين تخزين الرطوبة في منطقة الجذور. ومع ذلك، فإن توقيت استخدام المياه ما زالت تمليه أنماط الهطول ولا يمليه المزارعون.

وتُروى مساحة تمثل نحو 20 في المئة من مجموع مساحة أراضي العالم المزروعة بمحاصيل، وتُنتج نحو 40 في المئة من مجموع الإنتاج الزراعي. وتآلف ارتفاع كثافات زرع المحاصيل مع ارتفاع متوسط الغلات هو المسؤول عن هذا المستوى من الإنتاجية. وبالتحكم في كل من مقدار وتوقيت استخدام المياه في المحاصيل، يشجّع الري وييسر تركيز المدخلات لتعزيز إنتاجية الأراضي. ويروي المزارعون المحاصيل بالمياه لتحقيق استقرار الغلات وزيادتها ولزيادة عدد المحاصيل التي تُزرع كل عام. تفوق غلال الزراعة المروية غلال الزراعة المطرية على الصعيد العالمي مرتين إلى ثلاث مرات. وبناءً عليه فإن وجود إمدادات مياه موثوقة ومرنة أمر حيوي لنظم إنتاج المحاصيل عالية القيمة وعالية المدخلات. وذلك بالرغم من أن المخاطر الاقتصادية فيها أعلى بكثير من نظيرتها في نظم الإنتاج المطري متدنية المدخلات. غير أن الري يمكن أن يؤدي الى نتائج سلبية تضر بالبيئة، من ضمنها تملُّح التربة وتلوث طبقات المياه الصخرية بالنترات. ويعني تزايد الضغوط من الطلبات المتعارضة على المياه، إلى جانب الضرورات البيئة، أن الزراعة يجب أن تحقق "مزيداً من المحاصيل من قطرات ماء أقل" ومع تركها أثراً بيئياً أقل. وهذا يمثل تحدياً كبيراً، ويعني ضمناً أن إدارة المياه للتكثيف المستدام للإنتاج المحصولي يجب أن تتوخى زراعة أكثر ذكاءً وأكثر دقة. وسيقتضي أيضاً أن تصبح إدارة المياه في الزراعة أكثر مهارة بكثير في تبرير استخدامها للمياه تبريراً اقتصادياً واجتماعياً وبيئياً[94].

[94] إدارة المياه، الفصل5، http://www.fao.org

حددت منظمة الأغذية والزراعة ثلاثة "محاور استباقيّة" لإدارة المياه المستخدمة في الزراعة في السنوات القادمة[95]:

- التحديث: حيثما تكون للري ميزة نسبية، يتعين على مؤسسات الري العمل على توجيه هذه الخدمة وعلى تحسين أدائها الاقتصادي والبيئي – مثلاً من خلال استخدام التقانة الجديدة وتحديث البنية الأساسية وتطبيق مبادئ الإدارة السليمة وتشجيع مشاركة المستخدمين. وينبغي ربط المهمة الرئيسية التي تقضي بتوفير خدمات الري بشكل أوثق بالإنتاج الزراعي وباحتياجات المستخدمين الآخرين على مستوى الحوض.

- المشاركة: قد يكون من الصعب التفاوض بشأن تقاسم منافع وجود قاعدة مشتركة للموارد الطبيعية. لكن يمكن جني مكاسب اقتصادية كبيرة عندما تتم عمليات نقل الأراضي والمياه بصورة مرنة في إطار تنظيمي محكم التصميم. ولن تتكلل هذه المبادرات بالنجاح ما لم يكن هناك التزام راسخ بمشاركة المستخدمين في قرارات التخطيط والاستثمار وفي التقاسم الكامل والمفتوح للمعلومات الاقتصادية والبيئية.

- الاستثمار: ينبغي وجود ميزة نسبية لتحفيز المستخدمين الأفراد والجماعات على الاستثمار في التحكّم في المياه، بما يفيد الأسواق المحلية وأسواق التصدير على حد سواء. ويكون هذا من خلال إعطاء قروض صغيرة لأصحاب الحيازات الصغيرة وقروض تجارية منظمة للمزارعين الناشئين وعلى نطاق واسع وتسهيلات في التمويل للبنى الأساسية العامة الكبيرة.

---

[95] http://www.fao.org/ag/ar/magazine/

إدارة المياه الجوفية

لم تستخدم بلدان كثيرة مواردها من المياه استخداماً فعالاً، فقد أدى الاستغلال المفرط للمياه الجوفية (وأكثرها مصادر متجددة) إلى استنفاد الموارد في بعض المناطق، وإلى تسرب المياه المالحة بشكل متزايد إلى مستودعات المياه الجوفية في المناطق الساحلية في بعض البلدان (مثل شمال أفريقيا والخليج). وثمة مخاوف من أن يؤدي التوسع في زراعة المناطق الصحراوية إلى الإفراط في استغلال المياه الجوفية لأغراض الري. وأدى الري المفرط إلى تغدق الأرض وتملحها مما عجل بتدهورها. وترتب على القصور في صيانة شبكات المياه والإفراط في استخدام المياه للأغراض المنزلية والتجارية والصناعية وخاصة في البلدان النامية ظهور عدد من المشكلات الاجتماعية والبيئية والاقتصادية. ونشأت حول مرفق الإمداد بالمياه غير سليمة البناء في المناطق الريفية والمستوطنات الحدية برك تتكاثر فيها الجراثيم المسببة للأمراض.[96]

استدامة المياه الجوفية مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالعديد من السياسات على المستوى المحلي والإقليمي المتعلقة بالمياه واستخدام الأرض، فهي تمثل واحداً من أهم التحديات لإدارة الموارد الطبيعية. مطلوب بشدة اتخاذ خطوات عملية، لا يوجد برنامج عمل بسيط وجاهز للتحرك، وذلك بسبب التباين المتأصل في أنظمة المياه الجوفية والظروف الاقتصادية والاجتماعية المرتبطة بها، ولكن يبقى دائماً أنه من الأجدى عمل تحسينات إضافية. على العديد من الدول النامية أن تقدر قيمة اعتمادهم الاقتصادي والاجتماعي على المياه الجوفية وذلك بأن تستثمر في مجال تقوية الاحتياطات المؤسسية وبناء القدرات المؤسسية لتحسين إدارتها قبل فوات الأوان.

---

[96] http://geography.i8.com

لأن المياه الجوفية تعد من »الموارد غير المركزية« وغالباً ما تتم تنميتها بمبادرة خاصة لذا فإن إدارتها وحمايتها لن تكون فعالة بدون مشاركة اجتماعية نشطة مسبقاً، ولكن على الحكومة أن تقوم بالتحرك الأول من خلال اتخاذ الخطوات التالية:

- تصنيف مستخدمي المياه الجوفية، وبهذه الطريقة يمكن أن تتفهم الأهمية الاقتصادية والاجتماعية للمياه الجوفية ومن ثم تقدير المخاطر التي يمكن أن تحدث »إذا لم يتم التحرك« بالنسبة لتنظيم المورد وضبط التلوث.
- ترتيب أولويات نقاط التدخل المحتملة لعملية الإدارة على أساس التكلفة المحتملة والمخرجات المرجوة، آخذين في اعتبارهم الحاجة للتوفيق بين الأفعال التي تبدأ من أسفل إلى أعلى وتلك التي تبدأ من أعلى إلى أسفل.
- اختيار »مناطق تجريبية« لمحاولة تطبيق برنامج مشاركة لإدارة مورد المياه الجوفية وحماية نوعيته – حدود المناطق التجريبية تلك (وبالتالي مناطق إدارة الخزان الجوفي) يجب أن تعرف عادة بناء على نظم سريان المياه الجوفية مع احتياجات إدارية محددة.[97]

[97] الإدارة المستدامة للمياه الجوفية، المذكرة صفر، ص(1-4)

الفصل الرابع
المصادر غير التقليدية للمياه

المصادر غير التقليدية للمياه

يتواجد للمياه على سطح الكرة الأرضية مصادراً تقليدية (مصادر طبيعية، لا يتدخل الإنسان في إيجادها الأمطار، والمياه السطحية والمياه الجوفية) وأيضاً المصادر غير التقليدية والتي تعدكحلول بديلة لتعويض النقص والشح في المياه العذبة وأيضاً استغلالها يدخل من ضمن وسائل الإدارة المتكاملة للمياه

وهذه المصادر هي:

- المياه العادمة المعالجة.
- تحلية المياه.
- حصاد المياه.
- معالجة المياه الرمادية.
- المطر الصناعي.

معالجة الماء الصالح للشرب

للحكم على جودة الماء وصلاحيته للاستخدام، اعتمد الإنسان قديما على رائحة الماء ولونه ومذاقه. ومع تقدم العلوم والمعارف، أدرك الإنسان بأن الماء يمكن أن يحمل الجراثيم المسببة لبعض الأمراض الخطيرة. ولهذا، لم يعد ممكناً الاقتصار على الخاصيات التقليدية لمعرفةمدى استجابة المياه لمعايير الجودة. مما دفع البشرية إلى التفكير في وسائل فعّالة لمعالجة المياه.

خاصيات الماء الصالح للشرب في الوقت الحاضر هي: الصفاء والنقاء وانعدام الرائحة، والخلو من كل المواد الملوثة، بيولوجية كانت أو كيميائية أو عضوية.[98]

لأن الماء يلتقط مواد مختلفة أثناء حركته على سطح الأرض وفي باطنها فإنه ليس من المأمون أن نشربه دون معالجة. في معظم المدن الكبرى هناك محطات للمعالجة

---

[98] المحافظة على الموارد المائية من التلوث، اليونسكو، ص41

يضخ االماء من الأنهار والسدود والبحيرات أو من باطن الأرض إلى المحطات بعد المعالجة ينقل الماء عبر أنابيب إلى المنازل.

تختلف عمليات معالجة مياه الشرب باختلاف مصادر تلك المياه ونوعيتها والمواصفات الموضوعة لها. ويجب الإشارة إلى أن التغير المستمر لمواصفات المياه يؤدي أيضاً في كثير من الأحيان إلى تغير في عمليات المعالجة. حيث أن المواصفات يتم تحديثها دوماً نتيجة التغير المستمر للحد الأعلى لتركيز بعض محتويات المياه وإضافة محتويات جديدة إلى قائمة الموصفات. ويأتي ذلك نتيجة للعديد من العوامل مثل:

- التطور في تقنيات تحليل المياه وتقنيات المعالجة.
- اكتشاف محتويات جديدة لم تكن موجودة في المياه التقليدية أو كانت موجودة ولكن لم يتم الانتباه إلى وجودها أو مدى معرفة خطورتها في السابق.
- اكتشاف بعض المشكلات التي تسببها بعض المحتويات الموجودة أصلاً في الماء أو التي نتجت عن بعض عمليات المعالجة التقليدية. هذا ويمكن تناول عمليات المعالجة التقليدية المستخدمة للمياه استناداً إلى مصادرها السطحية والجوفية.

معالجة المياه السطحية

تحتوي المياه السطحية (المياه الجارية على السطح) على نسبة قليلة من الأملاح مقارنة بالمياه الجوفية التي تحتوي على نسب عالية منها، وهي بذلك تعد مياه يسرة (غير عسرة) حيث تهدف عمليات معالجتها بصورة عامة إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعاً في العكر وتغيراً في اللون والرائحة، وعليه يمكن القول أن معظم طرق معالجة هذا النوع من المياه اقتصر على عمليات الترسيب والترشيح والتطهير. وتتكون المواد العالقة من مواد عضوية وطينية، كما يحتوي على بعض

الكائنات الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا. ونظراً لصغر حجم هذه المكونات وكبر مساحتها السطحية مقارنة بوزنها فإنها تبقى معلقة في الماء ولا تترسب. إضافة إلى ذلك فإن خواصها السطحية والكيميائية باستخدام عمليات الترويب الطريقة الرئيسية لمعالجة المياه السطحية، حيث تستخدم بعض المواد الكيمائية لتقوم بإخلال اتزان المواد العالقة وتهيئة الظروف الملائمة لترسيبها وإزالتها من أحواض الترسيب. ويتبع عملية الترسيب عملية ترشيح باستخدام مرشحات رملية لإزالة ما تبقى من الرواسب، ومن المكروبات المشهورة كبريتات الألمنيوم وكلوريد الحديديك، وهناك بعض المكروبات المساعدة مثل بعض البوليمرات العضوية والبنتونايت والسليكا المنشطة. ويمكن أيضاً استخدام الكربون المنشط لإزالة العديد من المركبات العضوية التي تسبب تغيراً في طعم ورائحة المياه. تتبع عمليتي الترسيب والترشيح عملية التطهير التي تسبق إرسال تلك المياه إلى المستهلك.[99]

عادة ما تعمل محطات المعالجة التقليدية للمياه السطحية عن طريق سلسلة متتابعة من عمليات المعالجة. فبعد أن تغربل أجساماً كبيرة كالأسماك والأعواد، تضاف كيماويات تخثير إلى الماء حتى تجعل الجسيمات الدقيقة العالقة التي تعكر المياه تنجذب إلى بعضها البعض وتشكل "لبادات" صغيرة. ويتم اندماج الدقائق المترسبة - تشكيل لبادات أكبر من مجموع تلك اللبادات الصغيرة بالتحريك الهادئ للمياه لتشجيع الجسيمات واللبادات الصغيرة على "الاصطدام" ببعضها البعض، والإلتصاق، وتكوين لبادة أكبر. ومتى أصبحت اللبادات كبيرة وثقيلة بما يكفي لرسوبها، تدفع المياه إلى أحواض ترسيب أو ترويق هادئة. وعندما تستقر معظم الأجسام الصلبة، تتم عملية ترشيح من نوع ما إما بالرمل أو الأغشية. وعادة ما يكون التطهير هو الخطوة التالية. وبعد التطهير، قد تضاف أيضاً كيماويات مختلفة ال pH، لمنع التآكل في شبكة التوزيع، أو لمنع تسوس الأسنان. وقد يستخدم تبادل

---

[99] www.khayama.com

الأيونات أو الكربون المنشط خلال جزء من هذه العملية للتخلص من الملوثات العضوية أو غير العضوية. وبصورة عامة، فإن مصادر المياه الجوفية تتميز بنوعية أعلى مبدئياً ولا تحتاج سوى معالجة أقل من مصادر المياه السطحية.

وعادة ما تكون أجهزة الترشيح عند نقاط الاستخدام ونقاط الدخول أبسط وتستعين بعدد محدود من التكنولوجيات. وفي معظم الدول المتطورة تتوفر عند صنبور كل مستهلك مياه شرب خالية من مسببات الأمراض تلبي المعايير الدولية. ومع ذلك، فإن عدداً كبيراً من المستهلكين في الدول المتطورة يختار تركيب أجهزة ترشيح عند نقطة الاستخدام أو نقطة الدخول كإجراء احترازي أو لتحسين الخصائص الجمالية للمياه في شبكة المياه العامة. غير أنه في كثير من أجزاء العالم النامي، لا تتوفر أنظمة المياه العامة التي تزود مياه خالية من مسببات الأمراض ويقاس النجاح أساساً بمقدار الحد من خطر الإسهال أو الأمراض الأخرى. لذلك، فإن التكنولوجيا المستخدمة عند نقطة الاستخدام التي تكون ملائمة لموقع ما لا تصلح بالضرورة لموقع آخر.

التخثر– اندماج الدقائق المترسبة – الترسيب التقليدي[100]

تعتبر عمليات التخثر–واندماج الدقائق المترسبة – الترسيب معالجة مسبقة ضرورية للكثير من أنظمة تنقية المياه ولاسيما المعالجات بالترشيح .وتجمع هذه العمليات المواد الصلبة العالقة معاً في أحجام أكبر، حتى يصبح من الأسهل على عمليات الترشيح الطبيعية أن تزيلها. وما تقوم به هذه الطرق من إزالة العوالق يجعل عمليات الترشيح اللاحقة أكثر فعالية بكثير. وغالباً ما يعقب العملية فصل يستند إلى الجاذبية (الترسيب أو التعويم). وغالبا ما يعقبها الترشيح.

[100] www.drinkinwater.org

وتضاف مادة تخثر كيميائية، مثل أملاح الحديد، أو أملاح الألومنيوم، أو مركبات البوليمر لمياه المصدر لتسهيل اندماج الجسيمات العالقة. وتعمل مواد التخثر بخلق رد فعل كيميائي وإزالة الشحنات السالبة التي تجعل الجزيئات تصد بعضها البعض. ويتم بعد ذلك تقليب خليط مياه المصدر ومادة التخثر ببطء في عملية تسمى اندماج الدقائق المترسبة. يدفع هذا التقليب للمياه الجزيئات لتتحد وتتجمع في شكل جلطات أو كتل أكبر "كتل متلبدة" يسهل إزالتها.

وتتطلب العملية معرفة كيميائية بخصائص مياه المصدر لضمان استخدام خليط فعال من مادة التخثر. فمن شأن استخدام مادة التخثر بصورة غير سليمة أن يعطل فعالية هذه الطرق للمعالجة.

وتتحدد الفعالية القصوى التجمع التخثر/ اندماج الدقائق المترسبة أيضا بمدى كفاءة عملية الترشيح التي ربطت بها.

فصل الجزيئات الصلبة بإطلاق فقاقيع هواء في الماء

تعويم الهواء المذاب شكلاً من أشكال تكنولوجيا التخثر/ التجمع للدقائق المترسبة التي تستخدم في المعالجة المسبقة. ويقلل استخدام هذا الأسلوب قبل ترشيح المياه من الانسداد الذي يسبب مشكلات الترشيح في اتجاه التيار تتعلق بالصيانة بالنسبة للترشيح.

ويناسب تعويم الهواء المذاب جيداً بصورة خاصة إزالة الطحالب، واللون غير المناسب، والجزيئات الأخف وزناً التي تقاوم الترسيب والانفصال عن مياه المصدر. ولا تحقق هذه العملية نتيجة جيدة في المياه العالية التعكر، لأن الجزيئات الأثقل، مثل الطمي والطين، لا يسهل طفوها فوق سطح الماء.

ولبدء العملية، تضاف مادة تخثر كيميائية، مثل أملاح الحديد، أو أملاح الألومنيوم، أو البوليمرات إلى مياه المصدر لتسهيل التخثر فيما بين العوالق . وتعمل مواد

التخثر عن طريق خلق رد فعل كيميائي، يزيل الشحنات السالبة التي تجعل الجزيئات تتنافر بعضها مع البعض.

ويتم بعد ذلك تقليب خليط مياه المصدر ومادة التخثر ببطء في عملية تسمى اندماج الدقائق المترسبة. ويجذب هذا التقليب للمياه الجزيئات لتتحد وتتجمع في شكل جلطات أو كتل أكبر "كتل متلبدة" يسهل إزالتها.

وتجمع المياه التي توجد بها كتل الجزيئات المتخثرة في صهريج تخضع فيه لإدخال فقاقيع هواء مضغوط. وتدفع حركة هذه الفقاقيع الجلطات أو الكتل المتلبدة إلى سطح المياه حيث يمكن قشطها.

ويعتبر تعويم الهواء المذاب بديلاً للترسيب، ويقوم بمهمة مماثلة ولكن بطريقة مخالفة تماماً؛ تدفع الكتل التي تحتوي على الملوثات إلى سطح المياه بدلا من ترسيبه في القاع.

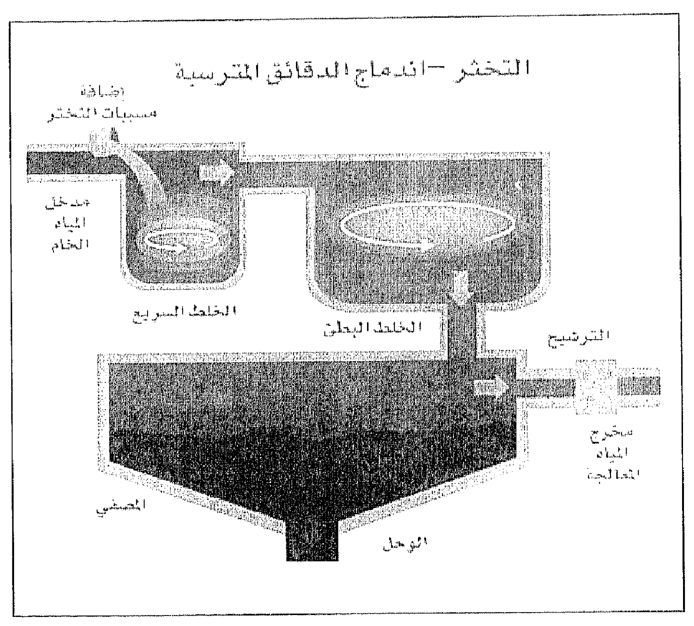
اندماج الدقائق المترسبة - المعالجة بالكلور

نظام يشمل التخثر- اندماج الدقائق المترسبة ويعقب ذلك المعالجة بالكلور وقد وضع هذا النظام كتكنولوجيا خاصة تستخدم عند نقطة الاستخدام، ولاسيما في الدول النامية.

ويستخدم كيساً صغيرا من مسحوق كبريتات الحديدوز (وهي مادة شائعة لتحقيق اندماج الدقائق المترسبة) وهيبوكلوريت الكالسيوم (وهو مطهر شائع الاستخدام). ويفتح المستخدم الكيس ويضيف محتوياته إلى دلو مفتوح يحتوي على نحو 10 لترات من الماء، ويقلب الخليط لمدة خمس دقائق، ويدع المواد الصلبة تترسب في القاع، ويصفي الماء خلال قماش من القطن في وعاء آخر، وينتظر 20 دقيقة حتى يتولى الكلور تطهير المياه.

ويبدو أن نظام ربط إزالة الجزيئات مع التطهير يحقق معدلات إزالة عالية للبكتيريا، والفيروسات، والكائنات أحادية الخلايا، حتى في المياه العالية

التعكر. ويتوفر دليل كبير على أن النظام قد خفض من مرض الإسهال بدرجة كبيرة في مواقع مختلفة. ويتوفر أيضاً دليل على أن عملية اندماج الدقائق المترسبة تساعد في إزالة الزرنيخ. غير أن هذه الأنظمة لا تمثل بديلاً كافيا للمعالجة المركزية العالية الجودة إذا ما أمكن إتاحتها.



الشكل رقم (8): التخثر – اندماج الدقائق المترسبة

تخفيف العسر

يستخدم تخفيف العسر بصورة رئيسية لإزالة عسر الماء؛ أي إزالة أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم المعدنية، ولكنه يزيل أيضاً السموم الضارة مثل الرادون والزرنيخ. وعلى الرغم من أنه ليس هناك إجماع، إلا أن بعض الدراسات ترجح أن تخفيف العسر فعال في إزالة الجيارديات.

ويمثل عسر الماء حالة شائعة مسؤولة عن مشكلات عديدة. ويتعرف المستخدمون غالباً على عسر الماء لأنه يمنع صابونهم من عمل رغاوي بالدرجة المعتادة أنه يمكن

أن يسبب التراكم "قشرة " في سخان المياه الساخنة، والغلايات، وأنابيب المياه الساخنة.

وبسبب هذه الأمور غير المريحة، تستخدم الكثير من مرافق المعالجة تخفيف العسر لتخفيف عسر الماء لاستعمال المستهلك.

وقبل إمكان استخدام عملية تخفيف العسر، على المديرين أن يقرروا كيمياء تخفيف العسر اللازمة. وهذه مهمة سهلة نسبياً بالنسبة لمصادر المياه الجوفية التي لا تزال أكثر ثباتاً في تركيبها. غير أن المياه السطحية تتقلب بدرجة واسعة في نوعيتها، وقد تتطلب تغييرات متكررة في خليط التخفيف الكيميائي.

وفي عملية تخفيف العسر، يضاف أحياناً الجير الحي أو أحباناً كربونات الصوديوم إلى المياه أثناء دخولها جهاز تنقية من مزيج المواد الصلبة ويرفع هذا من قيمة رقم الحموضة pH أي يزيد من القلوية (ما يؤدي الي ترسيب كربونات الكالسيوم). ويخفض رقم الحموضة فيما بعد مرة أخرى في وقت لاحق، ثم يتم ترشيح المياه عندئذ من خلال مرشح يستخدم وسيطاً حبيبياً.

معرفة وإدارة كيمياء المياه لهذه الأنظمة تتطلب مديرين على علم بالأمور، وهو ما يجعل عملية تخفيف العسر تحدياً اقتصادياً بالنسبة لبعض الأنظمة الصغيرة.

أنظمة الترشيح

تعالج أنظمة الترشيح المياه بتمريرها خلال وسائط حبيبية، مثل الرمل، الذي يزيل الملوثات .

وتتفاوت فعاليتها بدرجة كبيرة، ولكن هذه الأنظمة قد تستخدم لتحسين درجة التعكر واللون، فضلاً عن معالجة الجيارديات،والكريبتوسبوريديوم، والبكتيريا، والفيروسات.

وينتفع الترشيح التقليدي أولاً بمواد للتخثر الكيميائي قبل المعالجة، مثل أملاح الحديد أو أملاح الألومنيوم التي تضاف إلى مياه المصدر، ويتم بعد ذلك تقليب

الخليط ببطء لجعل أية جزيئات عالقة تتراكم وتتجمع لتكون تجلطات أو "كتل متلبدة" أكبر وأسهل في إزالتها.

وتحتاج هذه الأنظمة إلى استخدام خطوة يتم فيها الترسيب، وفي هذه العملية، يتاح للجسميات العالقة في المياه، بما في ذلك الكتل المتلبدة التي تكونت نتيجة اندماج الدقائق المترسبة، لتترسب خارج المياه نتيجة قوة الجاذبية الطبيعية. فهذه الملوثات تتجمع في قاع النظام "كوحل" تتم إزالته بصورة دورية.

وبمجرد إتمام هذه العمليات، يمر الماء خلال مرشحات حتى تلتصق أية جسيمات عالقة متبقية نفسها بمادة المرشح. مادة التخثر تفقد الجسيمات المعلقة ثباتها، ومن ثم تلتصق بسهولة أكبر بمادة المرشح.

ويؤدي الترشيح التقليدي، شأنه في ذلك شأن أنظمة الترشيح الأخرى، إلى تحسن كبير في نطاق واسع متنوع من مياه المصدر. وأفضل استخدام له يتعلق بالمصادر ذات التدفق المستمر والمستويات المنخفضة من الطحالب، التي يمكن أن تسد أنظمتها.

وتتطلب مواد التخثر الكيميائية أن يقوم ذوو الخبرة باستخدامها لتحقيق النتائج المرجوة، ولهذا من الضروري توفر الأفراد المدربين لإدارة مرافق المعالجة بالترشيح.

الترشيح المباشر

ويستخدم الترشيح التقليدي الترسيب ليتيح للجسيمات العالقة (العوالق) أن يترسب خارج المياه لإزالته. ولكن الترشيح المباشر يلغي هذه الخطوة ويتيح لمادة المرشح نفسها أن تقوم بمهمة حجز الملوثات.

والترشيح المباشر عملية ترشيح بسيطة نسبياً وهي جذابة اقتصادياً. ويؤدي النظام إلى تحسن كبير في نوعية مياه المصدر، ولكن أفضل استخدام له هو المتعلق بمياه المصدر العالية الجودة نسبياً ذات التدفق المستمر والتعكر المنخفض. وقد تسد مستويات الطحالب العالية بصفة خاصة أنظمة الترشيح.

ونظراً لأنه تتم إزالة كل الجزيئات بالترشيح، فإن نظام الترشيح المباشر لا يكون قادراً على معالجة المياه ذات التعكر العالي. والقاعدة هي أن الترشيح المباشر مناسب لمياه المصدر التي تتصف بنسبة تعكر أقل من 10 وحدات من تركيز المواد العالقة (العوالق). وتتطلب مواد التخثر الكيميائية أن يقوم ذوو الخبرة باستخدامها لتحقيق النتائج المرجوة، ولهذا من الضروري توفر الأفراد المدربين لإدارة مرافق أنظمة الترشيح.

الترشيح بالمسحوق الصخري الأحفوري

يستخدم الترشيح بالمسحوق الصخري الأحفوري لإزالة الجسيمات العالقة، الذي يحتجز ببساطة من مياه المصدر بصورة طبيعية. وتتسم العملية بالفعالية بالنسبة لإزالة الجيارديات، والكريبتوسبوريديوم، والطحالب، وحسب المستوى بعض البكتيريا، والفيروسات.

ويتألف مرشح النظام من كتلة من مسحوق صخري أحفوري ، وهو مادة طباشيرية مسحوقة من بقايا أحفورية مسحوقة لأشكال من الحياة البحرية أحادية الخلايا تسمى "دياتومات."

وتمر المياه من نظام المرشح الصخري الأحفوري بالمضخات التي إما أن تدفع الماء المضغوط خلال المسحوق من مدخل المصدر، أو تستخدم الشفط لجذبها من جانب المخرج.

وعلى النقيض من الكثير من الأشكال الأخرى للترشيح، لا تستخدم مواد التخثر الكيميائية عادة لتعزيز تجميع جزيئات الملوثات، ونظراً لهذا القيد، فإن الترشيح باستخدام مسحوق صخري أحفوري يحقق أفضل النتائج عند استخدامه في مياه المصدر الأعلى جودة والخالية من الملوثات غير العضوية.

ويمكن تكييف العملية بسهولة لتناسب المرافق ذات الحجم الصغير. وفي الواقع، فإن نظام الترشيح هذا أنتج أولاً خلال الحرب العالمية الثانية عندما قام الجيش

الأمريكي بتلبية الحاجة إلى مرافق محمولة خاصة بمعالجة مياه الشرب. ويسهل تشغيل أنظمة الترشيح بالمسحوق الصخري الأحفوري وهي جذابة اقتصادياً. وقد جعلتها هذه الخصائص مرغوبة في حالات الإنقاذ المؤقت من الأزمات، وفي المجتمعات التي تمتلك تمويلاً ضئيلاً لا يكفي لمشروعات البنية التحتية الأكثر تكلفة. وبالإضافة إلى المياه، فإن هذا النظام للترشيح شائع في عمليات تصنيعية كثيرة تشمل صنع العصائر، والزيوت، والمضادات الحيوية، والكيميائيات والمشروبات الكحولية.

الترشيح البطئ بالرمل

كان الترشيح البطيء بالرمل هو أول طريقة معالجة استخدمتها مدن كثيرة خلال القرن التاسع عشر. ويمكن لهذه المرشحات أن تزيل بفعالية الكائنات الدقيقة التي تسبب الأمراض التي تحملها المياه، ومن بينها أحاديات الخلايا مثل الجياردياات والكريبتوسبوريديوم، فضلاً عن البكتيريا، والفيروسات، وهي قدرة أظهر الدليل عليها أولاً انخفاض معدلات الأمراض في المدن الأوربية التي كانت رائدة في استخدام المعالجة.

ويتاح للمياه المعالجة في هذه الأنظمة المرور ببطء خلال حوض من الرمل بعمق قدمين إلى أربعة أقدام (0.6 إلى 1.2 متراً). وفي الطريق، ترشح المياه بمزيج من العمليات الطبيعية والبيولوجية وتزال الملوثات.

وبعد تكرار الاستخدام، يمتلئ حوض الرمل بكميات كبيرة من البكتيريا، والطحالب، وأحاديات الخلايا، والدوارات المجهرية المائية، ومجذافيات الأرجل، والديدان المائية. وتساعد هذه الكائنات الدقيقة عملية الترشيح بإزالتها للملوثات، على الرغم من أنها قد تبطأ إذا انخفضت حرارة الماء عن 10 درجات مئوية. ويوصف الرمل الذي يستضيف هذه الكائنات بأنه"قد نضج" بعد مرحلة معينة من الاستخدام ومن المفضل تنظيفه في هذه المرحلة أو استخدام رمل جديد. وقد

يستغرق الأمر عدة أسابيع أو أشهر حتى ينضج الرمل، ويتوقف ذلك على محتويات المياه ودرجة حرارتها. وتسد هذه العملية في نهاية المطاف حوض الرمل وتبطئ من معدلات التدفق إلى الحد الذي يوجب التخلص من هذا الانسداد، وذلك عادة بعكس عملية التدفق، أو "الغسيل العكسي."

وقد لا تستطيع أنظمة الترشيح البطيء بالرمل على معالجة المياه المعالجة بالكلور، لأنه قد يكون للكلور أثر مدمر على المحيط البيولوجي الدقيق للمرشح؟ لهذا، قد تعالج المياه التي يزال تلوثها بالكلور في مرافق تخزين بعد أن تمر خلال عملية ترشيح.

ويساعد التخزين أيضاً في إضافة مرونة إلى المياه التي تنتج عن النظام. ولا تستطيع أنظمة الترشيح بالرمل البطيء الحركة تناول كميات المياه الزائدة في أوقات ذروة الطلب عليها، كما أنه يجب ألا يتم تشغيلها بأقل من التدفق المثالي خلال فترات الطلب الأقل.

وتعمل أنظمة الترشيح بالرمل جيداً فقط بالنسبة لمياه المصدر ذات مستويات التعكر والطحالب المنخفضة، والتي لا تتصف بتلوث اللون. وتبذل هذه الأنظمة جهداً كبيراً بصفة خاصة في تعاملها مع المستويات العالية من الطحالب أو المحتوى من الطين الذي يمكن أن يسد أحواض الرمل. غير أن مياه المصدر الغنية بمواد التغذية، من ناحية أخرى، قد تساعد عملية تنظيف مرشحات الرمل البطئ بتعزيزها للعنصر البيولوجي بها. وأنظمة الرمل البطيء أنظمة بسيطة تتطلب صيانة قليلة و تكاليف تشغيلها منخفضة.

الترشيح بالأكياس أو الأسطوانات

تعالج أنظمة الترشيح المياه بتمريرها خلال مواد مسامية تزيل الملوثات وتحتفظ بها. وأنظمة الترشيح بالأكياس أو الأسطوانات أنظمة بسيطة يسهل تشغيلها، وتستخدم

أكياساً منسوجة أو أسطوانة بها مرشح من الألياف الرقيقة جداً لحجز الميكروبات والرواسب طبيعياً من مياه المصدر خلال مرورها في المرشح. وهذه الأنظمة فعالة في مكافحة حويصلات الجيارديات، ولكنها ليست كافية لإزالة البكتيريا، والفيروسات، أو المواد الكيميائية. لهذا، فإن أفضل استخدام لها هو بالنسبة لمياه المصدر الأعلى جودة والمياه التي تتصف بدرجة محدودة من التعكر. وقد تطورت تكنولوجيا الترشيح بالأكياس والخراطيش بسرعة وتم تكييفها للاستخدام في مرافق المعالجة الصغيرة الحجم. ويسهل أيضاً تشغيل وصيانة مثل هذه الأنظمة، لأنها تحتاج فقط إلى مهارة قليلة من جانب القائمين بتشغيلها. وتتفاوت التكاليف استناداً إلى عدد المرات التي يتعين فيها تغيير المرشحات.

وكغيرها من الكثير من المرشحات، تفسد الأسطوانات بسرعة نتيجة المياه التي توجد بها نسبة عالية من الجسيمات العالقة، وتفضل المياه التي تتصف بدرجة منخفضة من التعكر. والبديل هو "المرشحات الخشنة" التي تستخدم الرمل، والمناخل الشبكية، والخراطيش، وغيرها من المواد لإزالة الجسيمات العالقة الأكبر حجماً والتي بدورها قد تعالج المياه مسبقاً.

ويجب تغيير مواد المرشح بصورة دورية، وبتكرار أكبر عندما تكون المياه عالية العكارة. ومع تكرار استخدام أنظمة الترشيح بالأكياس و الخراطيش، قد تنمو الميكروبات على المرشحات، على الرغم من أنه يمكن التخفيف من هذه المشكلة باستخدام مطهر. وقد يتطلب الأمر أيضاً استخدام المطهرات إذا كشف اختبار المياه عن ضرورة إزالة الفيروسات من مياه المصدر.

الترشيح بالسيراميك

استخدمت مرشحات السيراميك في معالجة المياه على امتداد قرون. فبينما يتم تسويقها في الأنظمة المركزية لمعالجة المياه، إلا أن معظم مرشحات السيراميك يتم تصنيعها الآن للتطبيقات المتعلقة بنقطة الاستخدام. ويتم في الدول النامية تصنيعها

محلياً وفي بعض الأحيان تقوم بذلك منشأة صغيرة ذاتية التمويل. ويتم تشكيل هذه الأجهزة عادة كأصيص للزهور أو سلطانية (زير) وتدمج بها جزيئات دقيقة من الفضة الغروية كمطهر وكذلك لمنع نمو البكتيريا في المرشح. ويوضع المرشح داخل وعاء سعة 20– 3 لتر من البلاستيك أو السيراميك له صنبور. وقد أظهر الاختبار المختبري أن هذه الأجهزة لو صممت وأنتجت بصورة صحيحة يمكنها أن تزيل أو تعطل فاعلية البكتيريا والكائنات أحادية الخلايا والطفيليات. ولا تعرف فعاليتها بالنسبة للفيروسات.

ويعتبر تنظيف المرشح وصيانته مسألة جوهرية. ولهذا، من الأفضل أن يرفق مع هذه الأجهزة كغيرها من الأنظمة المنخفضة التكلفة والخاصة بنقطة الاستخدام برنامج تعليمي حول التخزين الآمن، وتنظيف المرشحات، وغير ذلك من الممارسات الموصي بها.

وميزة مرشحات السيراميك أنها سهلة الاستخدام وتعمر طويلاً (إذا لم تكسر)، كما أنها منخفضة التكلفة إلى حد ما. وتشمل العيوب احتمال إعادة تلوث المياه المخزنة حيث لا توجد بها بقايا الكلور، وانخفاض معدل التدفق نسبياً والذي لا يزيد عادة عن لتر أو لترين في الساعة.

الترشيح خلال المفاعل الرملي الحيوي

تم حديثاً تكييف أنظمة الترشيح البطيء بالرمل بالنسبة للأنظمة الخاصة بنقطة الاستخدام، ولاسيما في الدول النامية. وفي هذا السياق، تعرف بصفة عامة باسم مرشحات "الرمل الحيوية" والأكثر شيوعاً هو أن يتخذ مرشح الرمل المغطى بمادة عضوية شكل وعاء أقل قليلاً من متر طولاً وربما يكون 30 سنتيمتراً في عرضه وعمقه، يملأ بالرمل. وتكفل الطبقة النشطة بيولوجياً، والتي تحتاج إلى أسبوع أو أسبوعين لتتكون بصورة كاملة، بالحفاظ على مستوى الماء فوق سطح الرمل. وكما هو الحال بالنسبة للمرشحات البطيئة بالرمل، تساعد هذه الطبقة النشطة بيولوجياً

في ترشيح، أو امتزاز، أو تدمير، أو إخماد مسببات المرض. ويوضع طبق مسامي عادة فوق الرمل لمنع أي خلخلة في الطبقة النشطة بيولوجيا عند إضافة الماء. ويصب مستخدمو النظام ببساطة الماء في أعلى الجهاز ويجمعون الماء المعالج من المخرج.

وفي الاختبارات المعملية والحقلية، أزالت مرشحات الرمل الحيوية كل الكائنات أحادية الخلايا تقريباً، ومعظم البكتيريا. ولكن يثبت أداؤها جيداً بالنسبة للتخلص من الفيروسات.

ويمكن بناء الجهاز باستخدام الخرسانة، وهي مادة متاحة بصورة شائعة ورخيصة نسبياً. والصيانة بسيطة إلى حد ما، وتتألف عادة من تحريك السطح العلوي للرمل بعد غمره بالماء مع وقف التعريف منه مرة في الشهر أو نحو ذلك، وجمع المادة العالقة يدوياً. وتكاليف الصيانة منخفضة كثيراً، حيث تقل أو تنعدم القطع التي يتعين إبدالها.

الترشيح الدقيق

يتم صنع أغشية الترشيح الدقيق بعدة تصميمات مختلفة. تشمل الأغشية اللولبية للارتشاح العكسي طبقات كثيرة من صفائح الأغشية المسطحة ملفوفة حول أنبوب مركزي يدخل الماء الذي يراد معالجته. وتستخدم الأشكال المجوفة من الألياف الدقيقة مجموعة من آلاف الأنابيب المجوفة التي أعدت بدورها من مواد غشائية. وتوجد المرشحات الدقيقة، مثل المرشحات الفائقة، عادة على شكل ألياف مجوفة.

ونظراً لأن أغشية الترشيح الدقيق تمثل تكنولوجيا معالجة فيزيائية، فإنها تخضع للقيود الفيزيائية. فالمياه الممتلئة بالجسيمات العالقة أو المواد العضوية يمكن أن تسد الأغشية. وقد تحتاج بعض المياه، ولاسيما المياه السطحية، إلى معالجة مسبقة قبل مرورها في نظام أغشية. وتنتج هذه الأنظمة أيضاً أحجاماً صغيرة من المحاليل المركزة بدرجة كبيرة والتي تتطلب التخلص منها.

ويتم تصنيف الأغشية طبقاً لحجم الجزيئات التي تستطيع أن ترشحها، حد الفصل الأعلى لوزن الجزيئات أو وزن الجزيئات الفاصل. ويمثل الترشيح الدقيق أعلى حد للوزن الجزيئي المعطي، ومن ثم أكبر اتساع للمسام، ويستخدم الترشيح الدقيق أحجام مسام من 0.03 إلى 10 ميكرون (عادة 0.1 إلى 2 ميكرون) وهو فعال بالنسبة لأحجام يبلغ الحد الاسمي الفاصل لوزنها 100000 دالتون أو أكثر.
ويستخدم غالباً في إزالة الرمل، والطمي، والصلصال، والطحالب، والجيارديات ، والكريبتوسبوريديوم ، والبكتيريا.

ويتم تكوين الأغشية من الكثير من المواد المختلفة، التي لها مزاياها وعيوبها. ويمكن أن يمثل اختيار الغشاء المناسب للحالة تحدياً لمديري أنظمة المياه. وبالمقارنة مع أنواع أخرى من تكنولوجيات الأغشية، فإن الترشيح الدقيق أقل استخداماً بصورة شائعة في الوقت الحاضر.

الترشيح الفائق

يتم إنشاء أغشية الترشيح الفائق بتصميمات عديدة مختلفة. تشمل الأغشية اللولبية ذات الارتشاح العكسي طبقات كثيرة من صفائح الأغشية المسطحة ملفوفة حول أنبوب مركزي ينقل الماء الذي يراد معالجته. وتستخدم الأنواع المجوفة ذات الألياف الدقيقة مجموعة من آلاف من الأنابيب المجوفة التي يتم تكوينها بدورها من مواد غشائية. وتوجد المرشحات الفائقة، مثل المرشحات الدقيقة عادة على شكل الألياف المجوفة.

ونظرا لأن أغشية الترشيح الفائق تمثل تكنولوجيا معالجة فيزيائية، فإنها تخضع للقيود الفيزيائية. فالمياه الممتلئة باجسميات العالقة أو المواد العضوية يمكن أن تسد ترشيح غشائي. وقد تحتاج بعض المياه ولاسيما المياه السطحية إلى معالجة مسبقة

قبل مرورها في نظام أغشية. وتنتج هذه الأنظمة أيضاً كميات صغيرة من المحاليل المركزة بدرجة كبيرة والتي تتطلب التخلص منها.

ويتم تصنيف الأغشية طبقاً لحجم الجزيئات التي تستطيع أن ترشحها حد الوزن الجزيئي الأعلى. ويستخدم الترشيح الفائق أحجام مسام من 0.01 إلى 0.03 ميكرون وهو فعال بالنسبة لأحجام يبلغ حد الوزن الجزيئي الأعلى 10000 دالتون أو أكثر. ويستخدم غالباً لإزالة الرمل، والطمي، والصلصال، والطحالب، والبكتيريا، والجيارديات،والكريبتوسبوريديوم، والفيروسات.

ويتم تكوين الأغشية من الكثير من المواد المختلفة، التي لها مزاياها وعيوبها. ويمكن أن يمثل اختيار الغشاء المناسب للحالة تحدياً لمديري أنظمة المياه.

الترشيح الدقيق جداً

صنعت أغشية الترشيح الدقيق جداً بتصميمات متعددة مختلفة. فالأغشية اللولبية ذات الارتشاح العكسي تتكون من عدة طبقات من صفائح الأغشية المسطحة الملفوفة حول أنبوب مركزي تمر منه المياه التي يتعين معالجتها. وتستخدم الأنواع المجوفة التي تستخدم الألياف الدقيقة مجموعة من آلاف الأنابيب التي يتم تكوينها بدورها من مواد غشائية. وتوجد المرشحات الدقيقة جداً مثل الارتشاح العكسي، عادة في ترتيبات الأنظمة اللولبية.

ونظراً لأن الأغشية تمثل تكنولوجيا معالجة فيزيائية، فإنها تخضع للقيود الفيزيائية. فالمياه الممتلئة بالجسيمات العالقة أو المواد العضوية يمكن أن تسد الأغشية. وقد تحتاج بعض المياه ولاسيما المياه السطحية إلى معالجة مسبقة قبل مرورها في نظام ترشيح غشائي. وتنتج هذه الأنظمة أيضاً كميات صغيرة من المحاليل المركزة بدرجة كبيرة والتي تتطلب التخلص منها.

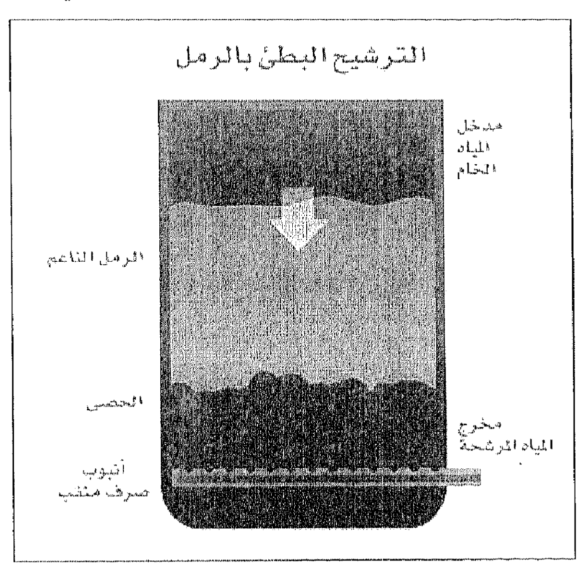
ويتم تصنيف الأغشية طبقاً لحجم الجزيئات التي تستطيع أن ترشحها حد الفصل الأعلى لوزن الجزيئات . وحد الوزن الجزيئي الأعلى للمرشحات الدقيقة جداً هو

1000 دالتون أو أقل. وتتطلب العملية ضغوطاً عالية جداً للمياه لدفع السائل القائم من المصدر من خلال مسام صغيرة للغاية (تصل من الصغر إلى0.001 من الميكرومتر أو نانومتر، ومن هنا اشتق الاسم) لإزالة الملوثات.

وتستخدم المرشحات الدقيقة جداً لإزالة عسر المياه، والمواد العضوية الطبيعية، والكيماويات العضوية المخلقة من المياه.

ويجب دائماً معالجة مياه المصدر قبل الترشيح الدقيق جداً، حتى لا يفسد محتواها من الجسيمات العالقة الغشاء ويحد من فعاليته. وقد تتطلب المياه التي توجد بها نسبة عالية من الحديد، والكلور، والمنغنيز أيضاً معالجة مسبقة. وحتى في الظروف المثالية، تتطلب أنظمة الترشيح الدقيق جداً، مثل نظام الارتشاح العكسي، تنظيفاً منتظماً واستبدالاً دورياً للأغشية.

ويتم تكوين أغشية الترشيح الدقيق جداً من الكثير من المواد المختلفة، التي لها مزاياها وعيوبها، ويمكن أن يمثل اختيار الغشاء المناسب للحالة تحدياً لمديري أنظمة تنقية المياه.



الشكل رقم (9): الترشيح البطيء بالرمل

الارتشاح العكسي

استخدمت أنظمة أغشية معالجة المياه في الأصل فقط في مشروعات إزالة الملوحة. ولكن جعل التقدم في تكنولوجيا الأغشية منها بصورة متزايدة اختياراً مرغوباً للتخلص من الكائنات الدقيقة، والجسيمات العالقة، والمواد العضوية الطبيعية التي تفسد طعم المياه وتلوث نقاءها.

وتتألف هذه الأنظمة من رقائق رقيقة من المواد لا يوجد بها عادة مسام. وإنما تتيح الأغشية لجزيئات المياه أن تمر خلالها، ولكن تتصيد وتحتفظ بأية مواد أخرى مذابة أو عالقة فيها. ويضغط النظام على المحلول إلى الحد الذي يجعل المياه تتدفق من المحلول الأكثر تركيزاً، خلال الغشاء، إلى المحلول المخفف بدرجة أكبر عكس الانتشار الطبيعي بالارتشاح.

ويتم تكوين أغشية الارتشاح العكسي بتصميمات كثيرة مختلفة. فالأغشية اللولبية ذات الارتشاح العكسي تشمل طبقات كثيرة من صفائح الأغشية المسطحة الملفوفة حول أنبوب مركزي يمر منه الماء الذي يجب معالجته. وتستخدم الأنواع المجوفة من الألياف الدقيقة مجموعة من آلاف الأنابيب المجوفة التي يتم تكوينها بدورها من مواد أغشية. ويوجد الارتشاح العكسي، مثل الارتشاح الدقيق جداً، عادة في ترتيبات الأنظمة اللولبية.

ويجب أن تعالج مياه المصدر دائماً وتقريباً قبل الارتشاح العكسي، وذلك حتى لا يفسد الجسيمات العالقة الأغشية ويحد من فعاليتها. وتتطلب المياه التي تحتوي على نسبة عالية من الحديد، والكلور، والمنغنيز أيضاً معالجة مسبقة. وحتى في الحالات المثالية، فإن نظام الارتشاح العكسي، مثل الارتشاح الدقيق جداً، يتطلب أيضاً تنظيفاً منتظماً للأغشية واستبدالاً دورياً.

ويصبح المحلول المركز بعد فصل مياهه التي تمت معالجتها عن نفايات ضارباً إلى الملوحة تحتوي على الملوثات. وقد يصل حجم هذا إلى نحو نصف إجمالي حجم

المياه المالحة الأصلية، وهي كمية أكبر من تلك التي ينتجها الارتشاح التقليدي بالأغشية. ويعتبر التخلص من هذه المياه مصدر قلق رئيسي للمديرين، وللكثير من الطرق الحالية بما في ذلك التصريف للمجاري أو الآبار العميقة لما له من عواقب بيئية. ويمكن بسهولة تكييف حجم وحدات الارتشاح العكسي. ويمكن أن تمثل خياراً جيداً لمتطلبات الأنظمة الصغيرة لتقية مياه الشرب – حتى المحمولة منها – في المناطق التي يتاح فيها التيار الكهربائي ويمكن الاعتماد عليه. ويمكن تدريب الموظفين على استخدام مواد حافظة لمنع تكوين ترسيبات على الأغشية.

ويتم تكوين أغشية الارتشاح العكسي من الكثير من المواد المختلفة، التي لها مزاياها وعيوبها. ويمكن أن يمثل اختيار الغشاء المناسب للحالة تحدياً لمديري أنظمة تنقية المياه.

الديلزة الكهربائية/ الديلزة الكهربائية العكسية

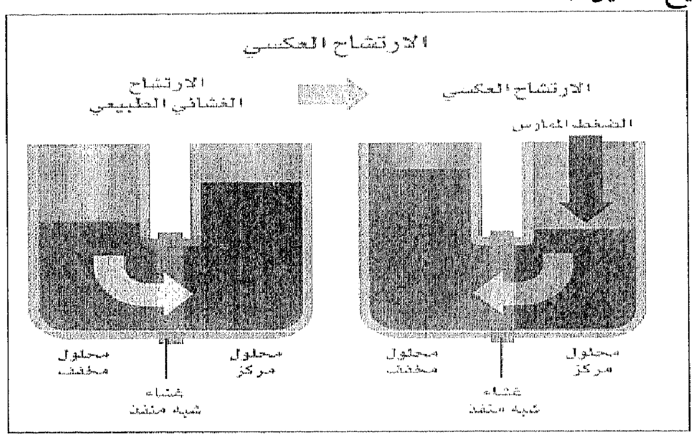
تستخدم أنظمة المعالجة الفرز الكهربائي/ الفرز الكهربائي العكسي الكهرباء وسلسلة من الأغشية لفصل الأملاح عن مياه المصدر وتركيزها في محلول للتخلص منه. وعند تشغيل التيار الكهربائي في مياه المصدر، تنجذب أيونات الكلوريد إلى أحد الأطراف وتنجذب أيونات الصوديوم إلى الطرف الآخر. وعند تحركها في أي من الاتجاهين، تمر هذه المواد خلال مراحل من الأغشية تحجزها في قنوات مخصصة لاحتواء المحلول المركز بدرجة عالية. وقد تصل هذه المخلفات المنتجة، التي يجب التخلص منها بعناية، نحو 30٪ من إجمالي مياه المصدر المعالجة، وتعتبر نسبة 15–20٪ نسبة عادية متوقعة بدرجة أكبر.

ويجب أيضاً معالجة المياه التي تنتج عن هذه المعالجات لتخليصها من المركبات العضوية التي تبقى بها (إذا كانت مصدراً للقلق)؛ ومن الميكروبات سواء قبل أو بعد عملية الفرز الكهربائي. ونظراً لأن مياه المصدر لا تمر طبيعياً خلال الأغشية في هذه الأنظمة، فإن معظم الملوثات العضوية لا يتم التخلص منها.

ويجب أيضاً القيام بترشيح مسبق لمياه المصدر في هذه الأنظمة من خلال أغشية لتخفيض درجة التعكر، على الرغم من أن الأغشية أقل تعرضاً للفساد منها في الأنظمة الأخرى، وذلك لأن مياه المصدر لا تمر خلالها. ويتم الحفاظ على نظافة الأغشية أيضاً بالقيام بعكس دوري لقطبية النظام، وهو ما يجعل الأيونات تتدفق في الاتجاه المعاكس وتخفف من التراكم.

وتتطلب أنظمة الديلزة الفرز الكهربائي/ الفرز الكهربائي العكسي كميات كبيرة من الطاقة لإنتاج تيار مستمر يدفع عملية التنقية ويضخ المياه خلال النظام. ولهذا، ولأسباب أخرى، لا تستخدم بنفس الكثرة في المرافق الكبيرة لمعالجة المياه مثلما تستخدم التكنولوجيات الأخرى التي تم وصفها هنا. بل إنها قد تستخدم بدرجة أكثر شيوعاً في التطبيقات الطبية والمختبرية التي تحتاج إلى مياه فائقة النقاء.

غير أنه يسهل تكييفها لتناسب استخدام محطات تنقية صغيرة وعادة ما تعمل بصورة تلقائية بقليل من متطلبات الصيانة والتشغيل. والفرز الكهربائي أقل مناسبة لوحدات التنقية عند نقطة دخول أو استخدام المياه بالمقارنة بالارتشاح العكسي أو الترشيح الدقيق جداً.



الشكل رقم (10): الارتشاح العكسي

التطهير

التطهير بالكلور

الكلور خيار رخيص لمعالجة المياه يستخدم لتحسين مذاق وصفاء المياه في الوقت الذي يقتل فيه الكثير من الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا والفيروسات. ومع ذلك، ثمة حدود لتلك العملية فالجيارديات والكريبتوسبوريديوم تقاومان بصورة عامة الكلور ما لم يستخدم بجرعات أكبر من تلك المفضلة للمعالجة. وقد يستدعي وجود هذه الطفيليات معالجة مسبقة لمصدر المياه.كما يزيل الكلور مواد مثل المنغنيز، والحديد، وكبريتيد الهيدروجين، التي يمكن أن تفسد مذاق المياه. ويمكن خفض التطهير بالكلور ليلائم حجم أي نظام. كما أن استخدام الكلور بسيط نسبياً، ولا تحتاج نظم المعالجة لخبرة تقنية مكثفة.

ويمكن تطهير المياه بالكلور عن طريق عدة منتجات مختلفة. فالكلور يخزن كسائل في حاويات مضغوطة ويحقن كغاز مباشرة في مياه المصدر. ويجب أن تنظم وتنسق هذه العملية بعناية، نظراً لأن غاز الكلور سام وخطير بل وقاتل.

وثمة طريقة أغلى تكلفة للتطهير بالكلور وهي المعالجة بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم. وهذا المحلول مسبب للتآكل ولكن استخدامه أقل خطراً بكثير وأسهل من استخدام غاز الكلور. يخفف السائل ببساطة ثم يخلط بمياه المصدر ليحدث التطهير.

كما يمكن تحقيق التطهير بالكلور بمطهر صلب- هيبوكلوريت الكالسيوم. لكن فهذه المادة مسببة للتآكل ويمكن أن تتفجر في التفاعل إذا ما احتكت بمواد عضوية. ومع ذلك، فإن هذه المساحيق، والحبيبات، والحبوب قد تخزن جميعها بالجملة وتستخدم بفعالية لنحو سنة. ويذوب هيبوكلوريت الكالسيوم، بجميع أشكاله، في الماء بسهولة.

وتتطلب جميع وسائل التطهير بالكلور بعض الوقت للتفاعل، فالتطهير لا يحدث فوراً. كما أن الجرعات المطلوبة تتغير مع التقلبات في نوعية المياه، ولذلك فإن مراقبة مصدر المياه، لا سيما المياه السطحية، جزء مهم من عملية المعالجة.

و هناك بعض الآثار المتخلفة للمعالجة بالكلور. ومن بين أكثرها ملاحظة المذاق الكريه في المياه المعالجة. بيد أن هناك آثاراً أهم بعد المعالجة. فكمية بقايا الكلور تبقى في إمدادت المياه المعالجة. ويستمر هذا المحتوى الكيماوي في حماية المياه المعالجة من العدوى مجدداً، ويمكن أن يكون مفيداً للمياه التي تخزن فترات طويلة أو في عملية التوزيع المستهلكة للوقت على امتداد مناطق شاسعة.

ولسوء الحظ، فإن بقايا الكلور بكمية أكبر مما يجب قد يسفر أيضاً عن كيماويات جانبية، ربما يسبب بعضها السرطان. غير أن هذه المخاطر الصحية تعتبر بصورة عامة طفيفة مقارنة بآثار مسببات الأمراض في المياه التي تترك بدون معالجة.

فتصنيع الكلور بسيط ورخيص وينقل كصوديوم أو هيبوكلوريت الكالسيوم. كما يتطلب استخدامه قدراً طفيفاً من التدريب. وهذه المميزات جعلته مطلوباً كوسيلة معالجة عند نقطة الاستخدام حتى في المناطق الفقيرة رغم محدوديته في قتل الطفيليات. ويمكن أن يسفر استخدام الكلور بالتزامن مع التخزين الآمن والممارسات الجيدة في تناول المياه والأغذية، عن انخفاضات بارزة في حالات مرض الإسهال في كثير من المناطق.

الكلورامينات NH_2C

الكلورامينات خيار رخيص لمعالجة المياه، ولكنها غير مناسبة عادة كنظام تطهير 'أساسي'. وتعالج هذه العملية بفعالية الكثير من البكتيريا ولكن أثرها أقل ضد ملوثات أخرى. وبسبب محدودية الكلورامينات، فإنها كثيراً ما تستخدم كخطوة تطهير ثانية مع مصدر مياه تم تطهيره من قبل بوسيلة أخرى. والكلورامينات عنصر قيم للمعالجة الثانوية لأنها توفر حماية طويلة الأمد ضد الترسيبات. وهذه

المضيفات أكثر استقراراً وعمراً من تلك الناجمة عن التطهير بالكلور، ولذلك توفر حماية ممتازة وطويلة ضد إعادة العدوى بالبكتيريا. وهذه مسألة مهمة تؤخذ في الاعتبار بالنسبة للمياه التي ستخزن لفترات طويلة من الوقت أو التي توزع على امتداد مسافات شاسعة.

وتتكون الكلورامينات عندما يخلط الكلور والنشادر بالماء. وتتطلب هذه العملية تشغيلاً ماهراً وبنية تحتية كثيرة للخلط. ويجب مزج المادتين المضافتين بنسب ملائمة وإلا فقدت العملية فعاليتها.

غير أن المعالجة بالكلورامينات عادة ما تكون خياراً فعالاً لقتل البكتيريا فيما تخلف آثاراً باقية أقل مما يخلفه التطهير بالكلور.

ثاني أكسيد الكلور ClO_2

ثاني أكسيد الكلور فعال ضد الجيارديات، والبكتيريا، والفيروسات، وإلى حد ما، ضد الكريبتوسبوريديوم. وكثيراً ما يمزج مع وسائل معالجة أخرى، مثل التطهير بالكلور، أوالتطهير بالأوزون، لأنه على عكس المعالجات الأخرى، يشتهر ثاني أكسيد الكلور بأنه ينتج مواد تسبب السرطان.

غير أن عملية إنتاج ثاني أكسيد الكلور تتسم بالتعقيد. فهي تحتاج إلى فنيين مهرة ورقابة حذرة. وتحد هذه المتطلبات التقنية من فائدته بالنسبة لكثير من الأنظمة الصغيرة.

ومثله مثل الكلور والكلورامينات، يستخدم ثاني أكسيد الكلور في أنظمة التوزيع، ولكنه يتحلل بمرور الوقت أسرع من الكلور.

التطهير بالأوزون O_3

الأوزون عنصر أكسدة قوي ومطهر أساسي فعال. ويضخ هذا الجزيء الغني بالأكسجين في أنظمة المياه لإزالة الملوثات البيولوجية مثل البكتيريا، والفيروسات

والجيارديات، والكريبتوسبوريديوم والكيماويات العضوية. كما أنه فعال في أكسدة وإزالة الحديد، والكبريت، ، والمنغنيز والمنغنيز، والمواد الأخرى غير العضوية.

وغاز الأوزون غير مستقر ويرتد بسرعة إلى جزيء أوكسجين عادي (O_2) بذرتين بدلاً من ثلاث ذرات. وبسبب هذه الحالة، لا يمكن تخزينه أو نقله بسهولة. وبدلاً من ذلك، تنتج محطات المعالجة الأوزون في موقعها بدفع هواء جاف عبر سلسلة مرتبة من الأقطاب الكهربائية.

ومتى أنتج الأوزون، يدفع للاتصال بماء المصدر ويخلط به لمدة ملائمة. وبالنظر إلى أن الأوزون عبارة عن أوكسجين خالص فإنه لا يخلف آثار باقية أو روائح في الماء. ولسوء الحظ، فإنه لا يوفر أيضاً حماية طويلة ضد الترسيبات. وإذا تعين خزن المياه لفترات طويلة، أو توزيعها عبر مسافات طويلة، قد يكون من الضروري دعم عملية التطهير بالأوزون بمعالجة طويلة الأمد للترسبات مثل الكلور أو الكلورامينات .

ومعروف أن عملية التطهير بالأوزون تخلف منتجات جانبية غير مرغوب فيها، مثل البرومات، التي قد تكون ضارة بصحة الإنسان.

وأنظمة الأوزون غير شائعة في كثير من دول العالم؛ ولكنها تنطوي على الكثير من البنية التحتية، ويمكن أن يكون تنفيذها باهظ التكاليف. وعلاوة على ذلك، فإن تشغيل وصيانة مثل هذه الأنظمة يحتاج إلى عمال مهرة قد لا يتوفر وجودهم في جميع المناطق.

الأشعة فوق البنفسجية

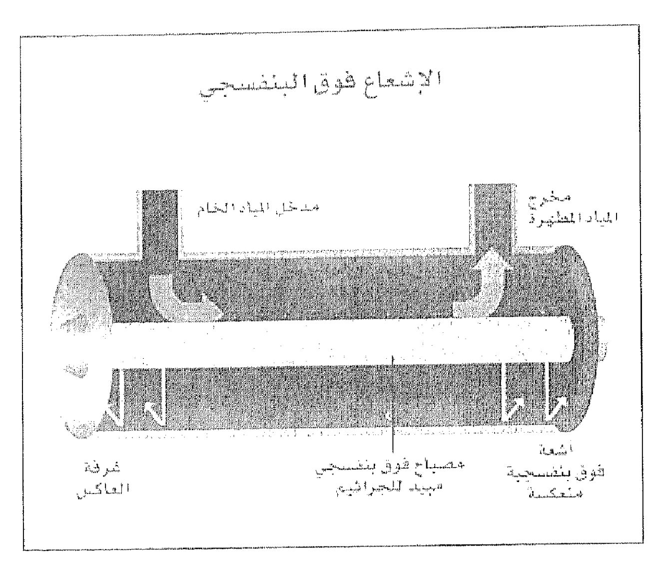
قد تكون المعالجة بالنسبة للكثير من أنظمة المياه في بساطة إلقاء ضوء ساطع على المشكلة. ويستخدم الضوء فوق البنفسجي، وهو جزء غير مرئي من الطيف، في تطهير مياه الشرب من الكائنات الدقيقة. ويمكن أن تحاكي مصابيح الزئبق أشعة الشمس وتقلد عملياتها للتنقية الطبيعية.

وعملية الضوء فوق البنفسجي خيار جذاب في الكثير من الحالات لأنها خالية من الكيماويات وتتطلب فقط استثماراً بسيطاً في البنية التحية يمكن تحمله.

وفي الأنظمة الصغيرة عادة ما يستخدم الضوء فوق البنفسجي حيث يكون هناك مصدر كهربائي يعتمد عليه، ولا يستخدم غالباً لمعالجة مصادر المياه السطحية . ويمكن أن تثير المياه العكرة الغنية بالجسيمات مشاكل للأشعة فوق البنفسجية، قد تحول دون قدرتها على تحقيق الاختراق اللازم لاستكمال عملية التطهير. وأحياناً ما تحل هذه المشكلة بأن تسبق عملية التعرض للأشعة فوق البنفسجية عمليات ترشيح، وترسيب أو غيرها من العمليات المصممة لإزالة الجسيمات التي تحملها المياه.

كما يتعين على أولئك الذين ينظرون في التطهير بالأشعة فوق البنفسجية، أن ينظروا أيضاً في قدرتها الزمنية المحدودة على الحماية. فالتعرض للتطهير بالأشعة فوق البنفسجية عملية تحدث مرة واحدة لقتل الكائنات الدقيقة لكنها لا تمنع عودتها مرة أخرى. وأحيانا ما يعزز التعرض للأشعة فوق البنفسجية بمضيفات كيماوية مثل الكلور أو الكلورامينات لحماية المياه المطهرة حديثاً من التلوث مرة أخرى.

وعلى صعيد آخر، قد تستخدم الأشعة فوق البنفسجية ببساطة في حالات سوف تستهلك فيها المياه بسرعة بدلاً من تخزينها للاستخدام مستقبلا. وفي هذا الخصوص، أصبحت أنظمة الأشعة فوق البنفسجية سلعة شعبية في البيوت بمناطق لديها مصادر كهرباء يعتمد عليها.



الشكل رقم (11): الإشعاع فوق البنفسجي

مسحوق الكربون المنشط

تضيف أنظمة المعالجة بالامتزاز مادة مطهرة مباشرة إلى إمداد المياه أو عن طريق حوض خلط. وتنطوي الممتزات على عمليات كيماوية وفيزيائية لإزالة الملوثات العضوية والمركبات التي تنقل اللون، والمذاق، والرائحة إلى المياه.

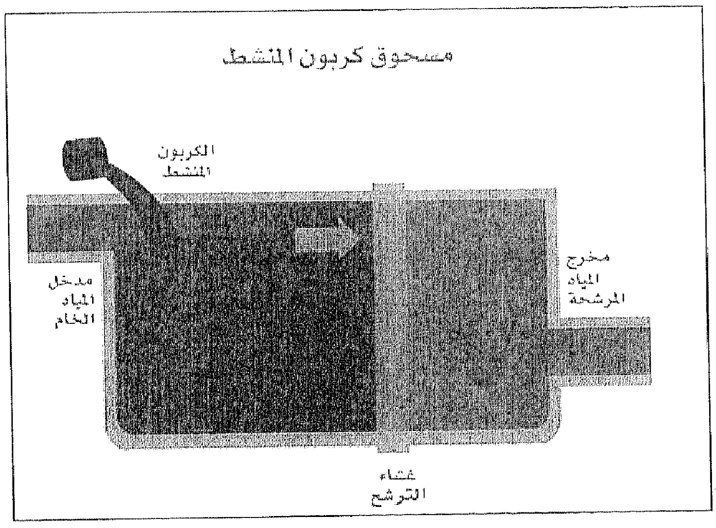
وأكثر هذه الممتزات الشائع استخدامها الكربون المنشط وهو مادة تشبه كثيراً الفحم العادي. غير أن الكربون المنشط يعالج بالحرارة والأكسدة حتى يصبح مسامياً إلى حد كبير وقادراً على امتزاز، أو اصطياد الجسيمات التي تعكر صفو المياه.

كذلك فإن الكربون المنشط لا يجذب الملوثات وحسب، وإنما أيضاً المواد العضوية المذابة طبيعياً (معظمها غير ضار). لذلك، فإن الأمر يحتاج إلى مراقبة للتأكد من أن جرعات الكربون عالية بالقدر الذي تمتص به جميع الملوثات.

وثمة شكلان مختلفان للكربون المنشط في الاستخدام العادي، الكربون الحبيبي المنشط، ومسحوق الكربون المنشط. ومن الناحية المادية، يختلف الاثنان كما يوحي اسماهما من حيث حجم الحبات وقطرها.

ومسحوق الكربون المنشط خيار رخيص للمعالجة (التكلفة الرئيسية) عادة ما يمكن إضافته إلى البنية التحتية لنظام معالجة قائم. وتجعل هذه المرونة مسحوق الكربون المنشط خياراً جذاباً لحالات معالجة المياه الملوثة على المدى القصير. وهو مفيد على نحو خاص لمعالجة عيوب المذاق واللون.

ويعمل مسحوق الكربون المنشط بسرعة وكفاءة ولكن قدرته على إزالة الملوثات أقل من قدرة الكربون الحبيبي المنشط، ويصبح مكلفاً إذا تعين استعماله على أساس متواصل. وعندما تستكمل العملية يجب إزالة مسحوق الكربون المنشط، عادة بالترشيح .وبوجه عام، فإن الكربون المنشط أفضل من نظام تبادل الأيونات في إزالة المواد العضوية.



الشكل رقم (12): مسحوق الكربون المنشط

الكربون المنشط الحبيبي

يتناول القسم الخاص بمسحوق الكربون المنشط المبادئ العامة لأنظمة الامتزاز (الامتصاص) يتألف الكربون الحبيبي المنشط من جسيمات يبلغ حجم كل منها نحو ميلليمتر واحد أي أكبر من 10 إلى 100 مرة من حبيبات المسحوق. وهو عادة ما يرتب في قاعدة أو عمود تمرر مياه المصدر أو تقطر من خلاله ببطء. وأحياناً يتم ربط عدة أعمدة امتزاز بعضها ببعض في نظام موحد.

ومثله مثل مسحوق الكربون المنشط، لا يجذب الكربون الحبيبي المنشط الملوثات المعروفة وحسب، وإنما أيضاً المواد العضوية المذابة طبيعياً، ومعظمها غير ضار. لذلك، فإن المراقبة المتأنية مطلوبة للتأكد من أن كربوناً كافياً لا يزال منشطاً لامتزاز جميع الملوثات. كذلك فإن الرواسب الجسيمات العالقة قد تسد النظام ويقلل من فعاليته. ومع أن التكلفة الرئيسية لأنظمة الكربون الحبيبي المنشط أعلى، فإنها قادرة على إنجاز مستويات عالية من الإزالة، وتكاليف تشغيلها (معظمها تكلفة استبدال المستهلك من الكربون الحبيبي المنشط) أقل إذا احتاج الأمر إلى عملية إزالة متواصلة. وقد تعمل هذه الأنظمة أيضاً كمرشحات مياه بيولوجية دون أن تقلل من فعاليتها إذا سمح للميكروبات المفيدة بالتوالد داخل النظام.

تبادل الأيونات

هي ذرات أو جزيئات مشحونة كهربائياً تعرف باسم أيونات. وتستخدم عملية المعالجة بتبادل الأيونات مواد راتنجية خاصة لإزالة الملوثات غير العضوية المشحونة مثل الزرنيخ، والكروم والنترات والعسريوم والراديوم والأورانيوم والفلوريد الزائد عن الحد من المياه.

وعندما يتم تمرير مياه المصدر خلال سلسلة من حبيبات الراتنج، فإنها تتبادل ملوثاتها المشحونة مع الأيونات المشحونة غير الضارة المخزنة على سطح الراتنج.

ويقوم الراتنج المبادل الأيونات عندئذ بتخزين الملوثات التي يتم جذبها فيه. وبسبب عملية التراكم هذه، يجب أن يتم تنظيف الراتنج بصورة دورية باستخدام محلول يجدد شحن موردها من الأيونات غير الضارة القابلة للتبادل.

ويأتي راتنج الأيونات المتبادلة على صورتين: أيونات الراتنج الموجبة الشحنة(الكاتيونات)، التي تتبادل أيونات موجبة الشحنة مثل الكالسيوم، والمغنيسيوم والراديوم، أما الصورة الثانية فهي الراتنج السالبة الشحنة (الأنيونات) وتستخدم لإزالة الأنيونات مثل النترات أو الزرنيخ أو الزرنيخيت أو الكرومات. ويجدد النوعان على السواء باستخدام محلول ملحي (كلوريد الصوديوم). وفي حالة أيونات الراتنجات الموجبة الشحنة(الكاتيونات)، تزيح أيونات الصوديوم الأيونات الموجبة الشحنة من موقع التبادل؛ وفي حالة أنيونات الراتنج السالبة الشحنة (الأنيونات)، يزيح الكلوريد الأنيونات الغير مطلوبة من موقع التبادل. وكقاعدة عامة، تتميز الأيونات الموجبة الشحنة بأنها أكثر مقاومة للفساد من الراتنجات سالبة الشحنة. ويمكن أن يصمم الراتنج بحيث يظهر تفضيلاً لأيونات معينة، ومن ثم يمكن تعديل العملية بسهولة لتناسب نطاقاً واسعاً من الملوثات المختلفة.

وتحقق عملية المعالجة هذه أفضل نتائجها بالنسبة للمياه الخالية من العوالق، لأن العوالق يمكن أن يتراكم على الراتنج ويحد من كفاءته فعاليته. ويعتبر تبادل الأيونات نظاماً شائعاً لمعالجة المياه يمكن تجهيزه بحيث يناسب حجم أي مرفق للمعالجة. ويمكن تكييفه أيضاً لمعالجة المياه على مستوى موقع استخدامها أو مداخلها.

أكسيد الألومنيوم المنشط

تستخدم المعالجة بأكسيد الألومنيوم المنشط لجذب وإزالة ملوثات مثل الزرنيخ، والفلوريد، التي توجد في صورة تحتوي على أيونات

سالبة الشحنة. ويحفظ أكسيد الألومنيوم المنشط (وهو شكل من أشكال أكسيد الألومنيوم) عادة في علب تمر فيها مياه المصدر لمعالجتها. ويمكن ربط سلسلة من هذه العلب معاً لتتمشى مع متطلبات حجم المياه في أي نظام معالجة خاص.

وفيما يمتص أكسيد الألومنيوم الملوثات، يفقد قدرته على معالجة المياه. ولهذا، يجب مراقبة نوعية المياه المعالجة بدقة لضمان استبدال العلب قبل أن تفقد فعاليتها في المعالجة. وتتأثر قدرة أكسيد الألومنيوم بدرجة كبيرة أيضاً بدرجة أو رقم الحموضة pHفي المياه وكلما قل رقم الحموضة pHكلما كان ذلك أفضل. ويبدأ معالجة أولية كثير من الأنظمة المعالجة باستخدام معالجة أولية بالحامض للاستفادة من هذه الضرورة.

تمثل نوعيه مياه المصدر اعتباراً هاماً بالنسبة لأنظمة أكسيد الألومنيوم المنشط. فعنصر المعالجة يجذب الملوثات، وليس هذا فحسب بل يجذب أيضاً الكثير من الأيونات السالبة الشحنة الأخرى غير المستهدفة والتي توجد في مياه المصدر. ويمكن أن يحد هذا من قدرة أكسيد الألومنيوم على جذب وإزالة الأيونات المستهدفة.

ويمكن أن تكون تكنولوجيا إزالة الملوثات باستخدام أكسيد الألومنيوم باهظة التكاليف، ويرتبط جانب كبير من التكاليف بالتخلص من المياه الملوثة التي تنشأ عندما يتم تطهير أكسيد الألومنيوم من الملوثات "ويعاد ضبطه" للاستخدام مرة أخرى. وتتطلب أنظمة أكسيد الألومنيوم المنشط الكبيرة توفير مستوى عال من الخبرة التشغيلية وتلك المتعلقة بالصيانة، وبالتالي فهي نادرة الاستخدام نسبياً.

والأكثر شيوعاً هو الأنظمة التي تتم على نطاق صغير والتي يمكن تكييفها لتناسب أي قدر من الاحتياجات للمياه المعالجة.

التهوية: النشر الهوائي

في أنظمة التطهير النشر الهوائي، تصب المياه في أحواض ذات ناشرات في قيعانها. ويدفع الهواء المضغوط داخل هذا النظام عبر الناشرات. ويتحول هذا الهواء إلى فقاعات، حيث يختلط الماء والهواء محولاً الملوثات من الأول إلى الثاني أو، كما يحدث كثيراً ، يدفع بالأكسجين إلى الماء.

وبناء أنظمة نشر الهواء رخيص نسبياً ولكن تشغيلها باهظ التكاليف. ويمكن تركيبها بسهولة بعد تعديلها لتحسين الأحواض القائمة لمعالجة المياه وهو استخدام شائع لهذه التكنولوجيا. ويمكن أن يكون تشغيلها متواصلاً وأوتوماتيكياً، مما يتطلب صيانة دورية فقط ورقابة منتظمة.

وأنظمة نشر الهواء عرضة لمشاكل تراكم الجسيمات العالقة، والبكتيريا المولدة للصدأ، وغيرها من الملوثات، التي يمكن أن تسد النظام وتؤدي إلى إغلاقه. ويجب تعريض الهواء لضغط شديد لدفعه إلى قاع حوض النشر، ومن ثم فإن أنظمة النشر قاصرة على نسب منخفضة نسبياً بين الماء والهواء. ونتيجة لذلك فإن أنظمة نشر الهواء تستطيع فقط تحقيق إزالة اقتصادية لملوثات عالية التطاير، مثل الرادون، وغالباً ما تستخدم أكثر لأغراض دفع الأكسجين أو الأوزون داخل المياه.

التهوية الميكانيكية

أنظمة التهوية الميكانيكية بسيطة نوعاً ما، ولكنها ليست من بين أكثر أساليب التنقية الأكثر شيوعاً. وتعمل هذه المهويات عن طريق استثارة مياه المصدر بشدة بخلاطات ميكانيكية. وفيما ترج المياه تصبح مشبعة بهواء منقى.

ويمكن تعديل هذه الأنظمة وتركيبها بسهولة في مرافق تخزين، حيث يمكن أن تضيف قدرة على المعالجة الأساسية حيث لا توجد تلك المعالجة. وأنظمة التهوية الميكانيكية قادرة على إزالة معظم الملوثات المتطايرة، ولكنها قاصرة على إزالة 50

إلى 80 في المائة، حسب الظروف. وإذا تم تركيب أجهزة التهوية الميكانيكية في قمة خزانات مغطاة، فإنه يلزم تركيب نظام التخلص من الهواء.

التهوية باستخدام الصواني

ترتب أنظمة التهوية باستخدام الصواني مجموعة مواد معبأة بسيطة مثل الكوك المكسر (مادة غنية بالكربون تستخرج من الفحم) أو الحصى في تسلسل رأسي. تصب المياه في قمة هذه الكومة، وتفرد اتساعاً لزيادة منطقة الاحتكاك السطحي، وتقطر من خلال فتحات صغيرة في قاع كل صينية.

وفيما تسقط المياه من صينية لصينية وترتطم فوق الكومة، فإنها تصادم الهواء. ويمكن دفع الهواء بشدة في هذه الأنظمة عن طريق ضاغط هواء كهربائي أو ببساطة، كما هو أكثر شيوعا، باستخدام التيار الهوائي الطبيعي.

وأنظمة الدفع الميكانيكي للهواء أكثر فعالية في إزالة العناصر الأقل تطايراً، مثل المواد المذيبة، ولكن التيار الهوائي الطبيعي هو خيار قابل للتطبيق عندما تكون عناصر أكثر تطايراً مثل كبريتيد الهيدروجين، أو الرادون، أو كلوريد الفنيل هي الهدف.

وبعد أن تمر المياه من سلسلة الصواني، تتجمع ببساطة عند قاعدة النظام. وأنظمة التهوية باستخدام الصواني معرضة كثيراً لنمو الطحالب والوحل، مما يمكن أن يجعل المعالجة أقل فعالية. وأحياناً يمكن ضبط هذا النمو بإضافة كيماويات مثل الكلور أو كبريتيد النحاس، رغم أن هذه الإضافات تمثل تكلفة إضافية وقد تظل موجودة حتى في المياه المعالجة النهائية في النظام.

تهوية البرج المعبأ

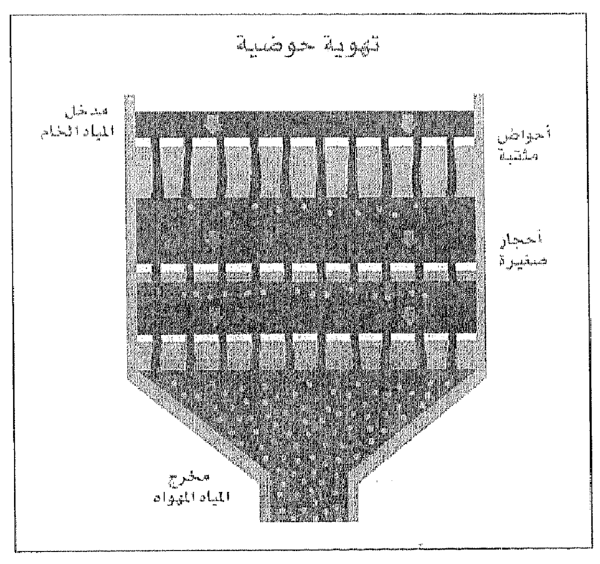
بالنظر إلى أن أنظمة البرج المعبأ يمكن أن تحقق نسباً عالية بين الهواء والماء في الخليط وإزالة الملوثات تصل إلى 99 في المائة، فإنها خيار يحظى بالشعبية لإزالة المذيبات المتطايرة من الطبقة الوسطى للمياه الجوفية. وهى تستخدم برجاً من 5 إلى 12 مترا

مزوداً بموزع فوق قمته. ويدفع الموزع المياه بصورة متساوية عبر قمة برج معبأ بأجسام من البلاستيك، أو الخزف أو المعدن مصممة بطريقة تصل باحتكاك الهواء بالمياه إلى أقصى مداه. ويدفع الهواء أو يسحب إلى أعلى عبر البرج ضد تيار المياه المتدفقة. وتجمع مضخة عند القاعدة المياه المعالجة وتزيلها.

وكثيراً ما تكون أنظمة تهوية البرج المعبأ تركيبات دائمة، ولكنها قد تصنع فوق مقطورة متنقلة وتنقل من مكان لمكان.

ومع أن أنظمة تهوية البرج المعبأ بسيطة في مبدئها، فإنها كغيرها من أنظمة حقن المياه بالهواء، عرضة للانسداد بسبب تراكم الجسيمات العالقة ، والبكتيريا المولدة للصدأ، ورواسب كربونات الكالسيوم. وتزداد تكاليف المعالجة بدرجة كبيرة إذا تعين معالجة المياه مسبقاً أو إذا تعين تنقية نظم التهوية قبل إطلاق الهواء في الجو.

وتكمن التكلفة الأساسية المرتبطة بأنظمة حقن الهواء في القوة الكهربائية، التي تستخدم لتشغيل المضخات والمراوح التي تحرك تكنولوجيا التنقية هذه.

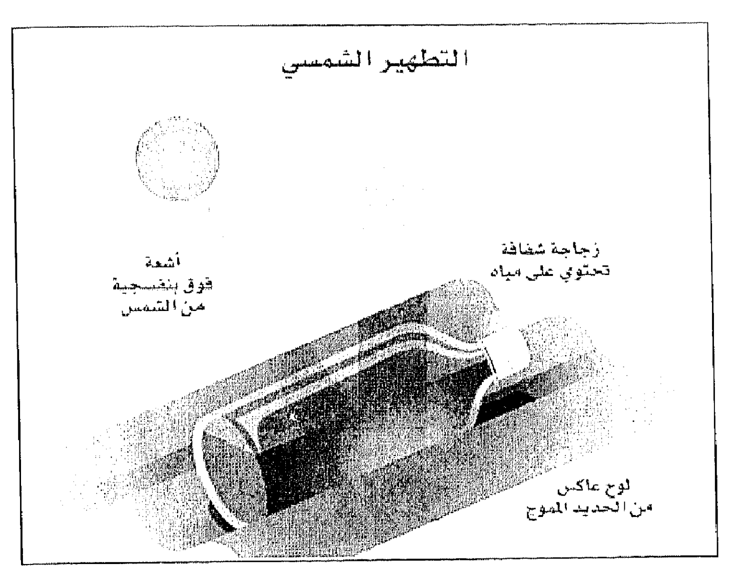


الشكل رقم (13): التهوية الحوضية

التطهير الشمسي

تشمل عملية التطهير الشمسي، وهي عملية بسيطة وغير مكلفة، ببساطة ملء أوعية بلاستيكية شفافة بمياه المصدر، وبعد ذلك توضع الزجاجات الأوعية على سطح يعكس إليها أشعة الشمس مثل صفائح الألومنيوم أو الحديد المموج، ويحتمل وضعها على سطح المنزل أو المؤسسة . وتعرض هذه الأوعية لأشعة الشمس المباشرة لفترة تتراوح بين ساعة ويومين حسب الظروف. وتعمل أشعة الشمس لقتل الكائنات في المياه عن طريق التعرض للأشعة فوق البنفسجية، وكذلك عن طريق رفع درجة حرارة المياه إلى 50 درجة مئوية أو أعلى.

وبطبيعة الحال، لا يعالج التطهير الشمسي مشكلات نوعية المياه الكيميائية مثل الزرنيخ، ، والمعادن الثقيلة، ومبيدات الآفات، الخ. وتتطلب أيضاً مياه نظيفة نسبياً، لأن المواد العالقة واللون الطبيعي في المياه تعيق الأشعة فوق البتفسجية. ويجب عدم استخدام الأوعية التي تزيد سعتها عن لتر أو لترين، وهو ما يحد من كمية المياه التي يمكن معالجتها. ولا يوصي باستخدام هذه الطريقة في الأيام التي يستمر فيها المطر. غير أنها تتيح إمكانية تخفيض حالات الإسهال و الدوزنطاريا بدرجة كبيرة، والتقليل إلى أدنى حد من الخسائر البشرية المخيفة المتعلقة بالصحة العامة التي تسببها عالمياً.



الشكل رقم (14): التطهير الشمسي

التقطير الشمسي

تسخر أجهزة التقطير طاقة الشمس لتطهير المياه من الملوثات بما في ذلك الأملاح، والمعادن الثقيلة، والميكروبات .وقد استخدمت هذه الأنظمة لمئات السنين وتطورت لاستخدامات كثيرة مختلفة، حتى إزالة ملوحة مياه البحر.

وتحاكي عملية التقطير من بعض الجوانب دورة المياه الطبيعية في الأرض. إذ تخزن المياه التي الغير النقية في وعاء وتخضع لأشعة التسخين من الشمس. تنتج حرارة الشمس بخاراً يرتفع من سطح مياه المصدر. وتنتج عملية التبخير هذه بخاراً نقياً وتترك الملوثات خلفه في مصدر السائل. ويصعد البخار النظيف إلى حيز بارد في جهاز التقطير حيث يمكن أن يتكثف كمياه نقية.

ويمكن التخلص غسل الركائز من المياه المتبقية المحتوية على الملوثات المركزة، والتخلص منها بصورة دورية. ويشيع استخدام الوحدات الشمسية المدمجة بل

والمحمولة على مستوى الأسر في المنازل. فهي لا تحتوي سوى على القليل من الأجزاء المتحركة، ومتطلبات تشغيلها وصيانتها منخفضة.

وربما تكون أجهزة التقطير خياراً جيداً للمعالجة بالنسبة للدول النامية التي تتمتع بوفرة من الأيام المشمسة، لأنها رخيصة ولا تتطلب تقريباً استثماراً أو بنية تحتية. غير أن مثل هذه الأنظمة تتقيد بقوة أشعة الشمس، وهي أكثر فعالية في المناخ الدافئ المشمس.

وأخيراً، يجب ملاحظة أن الماء المقطر لا يحتوي تقريباً على أية مواد معدنية مذابة، وأن هذا يمكن أن يكون ضاراً إذا كان الماء المقطر هو المصدر الوحيد لمياه الشرب. وكان غذاء الإنسان يفتقد مصدراً بديلاً للمواد المعدنية الأساسية.

معالجة المياه الجوفية[101]

تعد مياه الآبار من أنقى مصادر المياه الطبيعية التي يعتمد عليها الكثير من سكان العالم. إلا أن بعض مياه الآبار وخصوصاً العميقة منها قد تحتاج إلى عمليات معالجة متقدمة وباهظة التكاليف قد تخرج عن نطاق المعالجة هي إضافة الكلور لتطهير المياه ثم ضخها إلى شبكة التوزيع، إذ تعد عملية التطهير كعملية وحيدة لمعالجة مياه بعض الآبار النقية جداً والتي تفي بجميع مواصفات المياه، إلا أن هذه النوعية من المياه هي الأقل وجوداً في الوقت الحاضر، لذلك فإنه إضافة لعملية التطهير فإن غالبية المياه الجوفية تحتاج إلى معالجة فيزيائية وكيميائية إما لإزالة بعض الغازات الذائبة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين، أو لإزالة بعض المعادن مثل الحديد والمغنيز والمعادن المسببة لعسر الماء، وتتم إزالة الغازات الذائبة باستخدام. عملية التهوية والتي تقوم أيضاً بإزالة جزء من الحديد والمنغنيز عن طريق الأكسدة، وقد يكون الغرض من التهوية مجرد كما يحدث لبعض مياه الآبار العميقة التي تكون حرارتها عالية مما يستدعي تبريدها حفاظاً على كفاءة عمليات

---

[101] www.khayama.com

المعالجة الأخرى. أما إزالة معادن الحديد والمنغنيز فتتم بكفاءة في عمليات الأكسدة الكيمائية باستخدام الكلور أو برمنغنات البوتاسيوم.

إن الطابع العام لمعالجة المياه الجوفية هو إزالة العسر بطريقة الترسيب، ويتكون عسر الماء بصورة رئيسة من مركبات الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة في الماء. ويأتي الاهتمام بعسر الماء نتيجة لتأثيره السلبي على فاعلية الصابون ومواد التنظيف الأخرى، بإضافة إلى تكوين بعض الرواسب في الغلايات وأنابيب نقل المياه.

هناك أنواع من المحطات ولكنها في الغالب تقوم:

- التيسير (إزالة العسر) بالترسيب

تعني عملية التيسير أو إزالة العسر للمياه، إزالة مركبات عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم المسببة للعسر عن طريق الترسيب الكيميائي. تتم هذه العملية في محطات المياه بإضافة الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم) إلى الماء بكميات محدودة حيث تحدث تفاعلات كيميائية معينة تتشكل عنها رواسب من كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيسيوم، وقد يتم اللجوء في كثير من الأحيان إلى إضافة رماد الصودا (كربونات الكالسيوم) مع الجير للتعامل مع بعض صور العسر.

- الترسيب

تعد عملية الترسيب من أوائل العمليات التي استخدمها الإنسان في معالجة المياه، وتستخدم هذه العملية لإزالة المواد العالقة والقابلة للترسيب أو لإزالة الرواسب الناتجة عن عمليات المعالجة االكيميائية مثل التيسير والترويب. تعتمد المرسبات في أبسط صورها على فعل الجاذبية حيث تزال الرواسب تحت تأثير وزنها.

تتكون المرسبات غالباً من أحواض خرسانية دائرية أو مستطيلة الشكل تحتوي على مدخل ومخرج للمياه يتم تصميمها بطريقة ملائمة لإزالة أكبر

كمية ممكنة من الرواسب، حيث تؤخذ في الاعتبار الخواص الهيدروليكية لحركة الماء داخل الحوض.

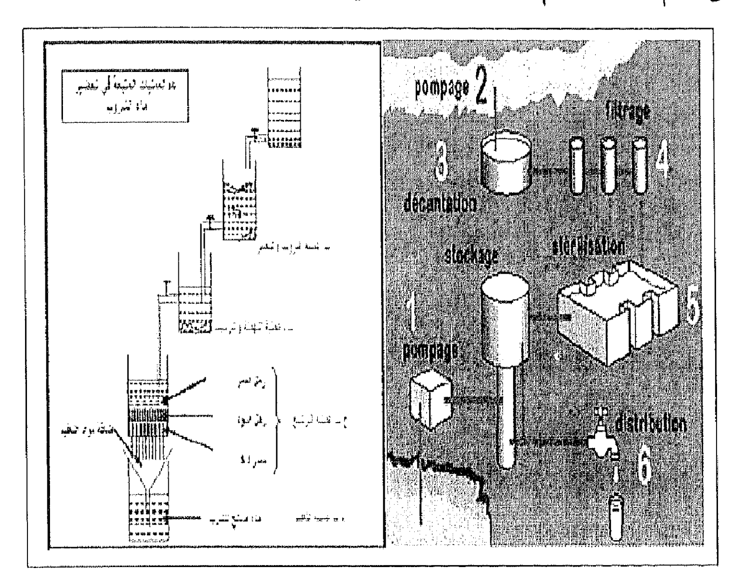
- الترشيح – الفلترة

تمر المياه من خلال فلاتر لإزالة الملوثات منها.

- التطهير

هو العملية المستخدمة لقتل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (الجراثيم)، وتتم هذه العملة باستخدام الحرارة (التسخين) أو الأشعة فوق البنفسجية أو المواد الكيميائية مثل البروم أو اليود أو الأوزون أو الكلور بتركيزات لا تضر بالإنسان أو الحيوان. وتعد طريقة التسخين إلى درجة الغليات أولى الطرق المستخدمة في التطهير ولاتزال أفضلها في حالات الطوارئ عندما تكون كمية المياه قليلة، لكنها غير مناسبة عندما تكون كمية المياه كبيرة كما في محطات المعالجة نظراً لارتفاع تكلفتها والكلور عامل مؤكسد، يتحلل في الماء لقتل البكتيريا ثم يتم إزالتها.

الشكل رقم (15): أهم العمليات المتبعة في تحضير مياه الشرب[102]



معالجة المياه العادمة

المياه العادمة

تعرف المياه العادمة على أنها المياه التي سبق استخدامها أو الناتجة عن التجمعات السكانية أو الصناعية وتحتوي المياه العادمة على مواد مذابة وعالقة، وتتكون في معظمها (حوالي 99.9٪) من الماء (0.1٪) فقط فضلات.

كان أول استخدام لمياه الصرف الصحي تاريخياً يعود إلى ما قبل ألفي عام باليونان، كما كان الري بالمياه العادمة (الصرف الصحي) شائعاً في ألمانيا في القرن السادس عشر، وفي انجلترا في القرن التاسع عشر، أما في الولايات المتحدة الأمريكية فإن أول استخدام سجل لمياه الصرف الصحي يعود إلى سبعينات القرن التاسع عشر.

---

102 forum.kooora.com

وأما بالنسبة للمياه المعالجة في البلدان النامية فقد تزايد الإقبال عليه في الزراعة في ثمانينات القرن العشرين، بعد أن أدركت هذه البلدان إمكانيات ومزايا استخدام المياه العادمة.

ومن الأسباب الهامة لتطوير طرق معالجة تلك المياه هو تأثيرها على الصحة العامة والبيئة حيث كانت المعالجة تنحصر في إزالة المواد العالقة والطافية والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض. ونتيجة لتقدم العلم في مجال الكيمياء والكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الدقيقة وزيادة المعرفة بتأثير الملوثات على البيئة سواء على المدى القريب أو البعيد إضافة إلى التقدم الصناعي وإنتاج مواد جديدة جعل من الضروري تطوير طرق المعالجة لتلك المياه بحيث تكون قادرة على إزالة معظم الملوثات التي لم يكن من السهل إزالتها بالطرق التقليدية المستعملة قديماً. والنقاط التالية تبين ملخص لمعظم أسباب معالجة المخلفات السائلة:[103]

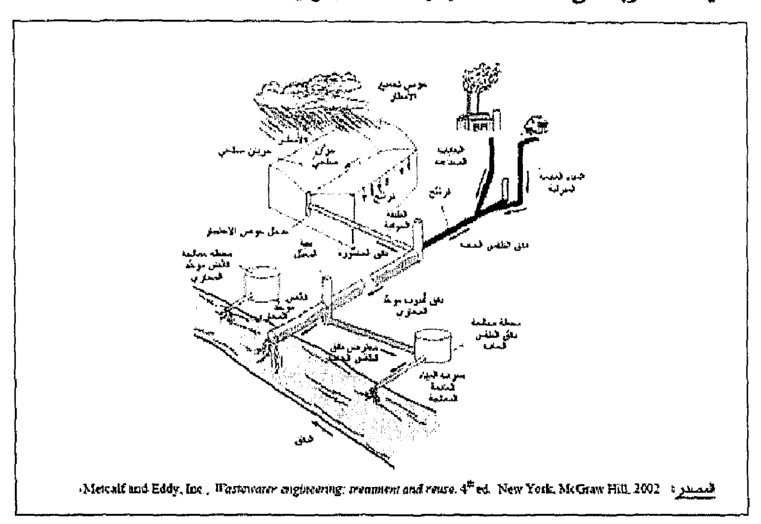
1. التخلص وإزالة كلا من المواد العالقة والمواد الطافية.
2. تحويل المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا إلى مواد بسيطة.
3. التخلص من المواد والكائنات المسببة للأمراض.
4. إزالة المغذيات النباتية المسببة لظاهرة الاثراء الغذائي كالنيتروجين والفسفور.
5. إزالة المواد السامة مثل التي تنتج من صناعة المركبات العضوية كالعناصر الثقيلة.
6. المحافظة على المصادر الطبيعية للمياة (السطحية والجوفية).
7. ازدياد الاهتمام بالمحافظة على البيئة وازدياد الوعي البيئي.
8. الحاجة الشديدة لكل قطرة ماء للزيادة الرهيبة في النمو السكاني.

---

[103] http://knol.google.com

يتم تجميع مياه الصرف الصحي من عدة مصادر، وتعتمد الكميات التي يتم جمعها من تلك المصادر على المصدر ونوعية نظام التجميع المستعمل فيها. ومن مصادر تلك المياه ما يلي:[104]

1. مياه استعمالات الاغراض المنزلية والتجارية وغيرها كالمدارس والفنادق والمطاعم.
2. مياه الاستعمالات الصناعية.
3. مياه الأمطار في حالة دمج شبكة المجاري بشبكة تصريف السيول.
4. المياه المتسربة من عدة مصادر وخاصة الجوفية.



المصدر: Metcalf and Eddy, Inc., *Wastewater engineering: treatment and reuse.* 4th ed. New York. McGraw Hill. 2002

الشكل رقم (16): مصادر المياه العادمة

وهناك كثير من العوامل الهامة التي تؤثر على كيفية إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي ومنها:

- وفرة أو ندرة مصادر المياة داخل البيئة المحلية.
- وجود خزان جوفي للمياه.

---

[104] www.khayma.com

- درجة ونوعية الملوثات الموجودة داخل مياة الصرف الصحي.
- طبيعة استخدام المياه المعالجة سواء في إلقائها في المسطحات المائية أو إعادة استخدامها في الري والزراعة أو أية أغراض أخرى.
- البعد الاقتصادي.[105]

خصائص المياه العادمة[106]

تتصف المياه العادمة عموماً بأنها مصدر هام من مصادر التلوث الذي يعتبر خطراً على الصحة العامة نظراً لاحتوائها على العديد من الملوثات التي يمكن أن تكون:

- ملوثات فيزيائية: يمكن إزالتها بعمليات فيزيائية مباشرة كالترسيب أو الترشيح أو التصفية أو الامتزاز أو الفصل الغشائي أو التبخير ... الخ. ومن أهم هذه الملوثات الرمال والجريش والشوائب الخاملة.
- ملوثات كيميائية: تتطلب لإزالتها تطبيق بعض العمليات الفيزياكيمائية أو الكيميائية كالتبادل الأيوني أو التحييد أو الترسيب الكيميائي ... الخ. وقد تكون هذه الملوثات عضوية ومنها الهيدركربونات والدسم والزيوت والشحوم والمبيدات الحشرية والعشبية والبروتينات والفينولات ... الخ، أو لاعضوية ومنها القلويات والأحماض والكلوريدات والمعادن الثقيلة والنيتروجين والفوسفور والكبريت، أو غازية ومنها كبريتيد الهيدروجين والأمونيا والميثان.
- ملوثات حيوية: وتتطلب لإزالتها تطبيق بعض العمليات الحيوية أو الفيزياكيميائية كالمعالجة الحيوية أو التعقيم. ومن أهم هذه الملوثات الحيوانات الميتة وبعض أنواع الكائنات العضوية المجهرية ومنها البكتيريا والفيروسات وكذلك الديدان وبعض أنواع النباتات.

---

[105] http://knol.google.com

[106] إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة، WHO، 2004، ص 10

الجدول رقم (5): الملوثات الهامة الموجودة في المياه العادمة

الملوثات	سبب الأهمية
الأجسام الصلبة المعلقة	قد تؤدي إلى ترسّب الحمأة وتوليد ظروف لا هوائية إذا صُرفت المياه العادمة غير المعالجة في البيئة المائية.
المواد العضوية غير القابلة للتحلل الحيوي	تتكون أساساً من البروتينات والكربوهيدرات والدهون وتقاس عادة باستخدام الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين والطلب الكيميائي على الأكسجين. وبسبب ثباتها البيولوجي، وتؤدي هذه المواد إذا ألقيت في المياه الداخلية، إلى استنفاد موارد الأكسجين الطبيعية ونشوء ظروف ضارة بالأنواع المائية.
الكائنات الممرضة	قد تسبّب أمراضاً معوية.
الملوثات ذات الأولوية	تضمّ مركّبات عضوية وغير عضوية، وقد تكون سمّيّة وسرطانية ومولّدة للتغييرات الوراثية أو التشوهات الخلقية.
المواد العضوية الشديدة المقاومة	تقاوم طرائق المعالجة التقليدية للمياه العادمة، وتضمّ العوامل ذات الفعالية السطحية والفينولات والمبيدات الزراعية.
المعادن الثقيلة	تنتج من الأنشطة التجارية والصناعية. ويجب إزالتها من المياه العادمة قبل إعادة استخدامها.
المكونات المذابة غير العضوية	تضمّ الكالسيوم والصوديوم والكبريتات، وتضاف غالباً إلى المياه المعدّة للاستخدام المنزلي ويجب إزالتها لإعادة استخدام المياه العادمة.

المصدر: مقتبس من: Metcalf and Eddy, Inc., *Wastewater engineering*, 3[rd] ed.، مرجع سبق ذكره.

الجدول رقم (6): تراكيز الملوثات الهامة الموجودة في المياه العادمة[107]

العنصر الملوث	الوحدة	التركيز		
		ضعيف	متوسط	شديد
* المواد الصلبة الكلية (TS)	mg/l	350	750	1200
- الذائبة (TDS)	mg/l	250	500	850
ثابتة (Fixed)	mg/l	145	300	525
متطايرة (Volatile)	mg/l	105	200	325
- المعلقة (TSS)	mg/l	100	220	350
ثابتة (Fixed)	mg/l	20	55	75
متطايرة (Volatile)	mg/l	80	165	275
* المواد الصلبة القابلة للترسيب (Settling)	mg/l	5	10	20
* المتطلب الكيميائي الحيوي على الأكسجين (BOD_5)	mg/l	110	220	400
* الكربون العضوي الكلي (TOC)	mg/l	80	160	290
* المتطلب الأكسجيني الكيميائي (COD)	mg/l	250	500	1000
* النتروجين الكلي (T-N)	mg/l	20	40	85
العضوي (Org-N)	mg/l	8	15	35
امونيا حرة (NH_3-N)	mg/l	12	25	50
نتريت (NO_2)	mg/l	0	0	0
نترات (NO_3)	mg/l	0	0	0
* الفوسفور الكلي (p _ الكلي)	mg/l	4	8	15
العضوي	mg/l	1	3	5
اللاعضوي	mg/l	3	5	10
* الكلورايدات (CL) زيادة عن موجود الماء العذب	mg/l	30	50	100
* السلفات (SO_4) زيادة عن موجود الماء العذب	mg/l	20	30	50
* القلوية ($CaCo_3$)	mg/l	50	100	200
* الزيوت والشحوم (O&G)	mg/l	50	100	150
* المركبات العضوية المتطايرة (VOC)	Ug/l	<100	100-400	>400
* اجمالي السيبات (TC)	MPN/100ml	10^6-10^7	10^7-10^8	10^8-10^9

[107] إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة، WHO، 2004، ص 14

الشكل رقم (7): أهم الكائنات العضوية المسببة للأمراض التي توجد عادة في المياه العادمة

الكائن العضوي	المرض	الأعراض والتأثيرات
* البكتيريا: (Bacteria)		
E. Coli	التهاب الأمعاء	اسهالات معوية
Salmonella Typhi	الحمى التيفية	حمى شديدة – اسهالات وتقرحات في الأمعاء الدقيقة
Shigella	الزحار الباسيللي	اسهالات معوية
Vibrio Cholera	الكوليرا	اسهالات شديدة جدا
* الفيروسات (Viruses)		
Hypatitis A	التهاب الكبد الفيروسي	ضعف عام وفقدان الشهية والاستفراغ
Norwalk Agent	التهاب الجهاز الهضمي	القياءات
* البروتوزوا او الاوالي (Protozoa)		
Entamoeba Histolytica	الزحار الاميبي	اسهال طويل الأمد مع نزيف معوي
* الديدان (Helminths)		
Ascaris	ديدان الاسكاريس	اضطرابات معوية ونحول
Enterobius Vericularis	الديدان الشعرية	اضطرابات معوية
Taenia Saginata	الدودة الشريطية	اضطرابات معوية ونحول

طرق معالجة المياه العادمة

العمليات الفيزيائية ⇦
- التصفية
- الطحن
- معادلة الدفق
- الترسيب
- التعويم
- الترشيح عبر وسط حبيبي

العمليات الكيميائية ⇦
- الترسيب الكيميائي
- الامتزاز
- التطهير
- نزع الكلور
- تطبيقات كيميائية أخرى

العمليات البيولوجية ⇦
- عملية الحمأة المنشطة
- البحيرات المهوية
- المرشح النضّاض
- الملامسات البيولوجية الدوّارة
- برك التثبيت
- الهضم اللا هوائي
- النزع البيولوجي للمغذيات

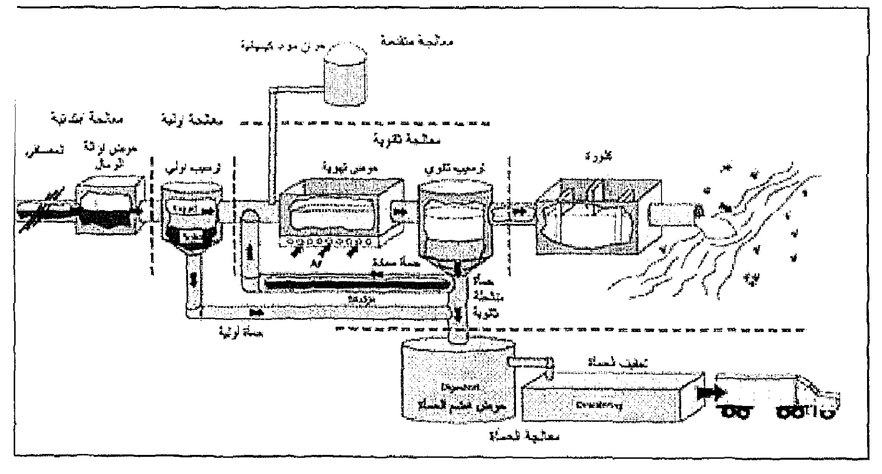
الشكل رقم (17): عمليات معالجة المياه العادمة

تهدف معالجة المياه العادمة بشكل رئيس إلى إزالة التلوث من هذه المياه وذلك عن طريق:[108]

- فصل الملوثات غير العضوية (رمال – جريش – مواد خاملة مختلفة) عن المياه وذلك بوحدات المعالجة الفيزيائية.
- تحويل الملوثات العضوية إلى مركبات لاعضوية أو خاملة بوحدات المعالجة الحيوية و/ أو الكيميائية و/أو الفيزياكيميائية ومن ثم فصلها عن الماء.
- إبادة الجراثيم والديدان والملوثات الحيوية الأخرى الموجودة في المياه وذلك بوحدات المعالجة الكيميائية و/ أوالفيزياكيميائية.

تتم هذه العمليات في منشآت خاصة يشكل مجموعها محطة معالجة المياه العادمة.

مراحل معالجة المياه العادمة



الشكل رقم (18): مراحل معالجة المياه العادمة

[108] إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة، WHO، 2004، ص 26

تخضع المياه العادمة في محطات المعالجة بشكل عام إلى عدد من العمليات ضمن مراحل متتابعة. ويمكن تلخيص هذه المراحل بالتالي:

1. المعالجة التمهيدية(الابتدائية): تهدف هذه المرحلة بشكل عام إلى إزالة المواد الصلبة اللاعضوية كبيرة الحجم وكذلك الرمال والجريش من المياه بغية حماية المنشآت الميكانيكية والمضخات والتجهيزات الأخرى في المراحل اللاحقة من المعالجة من الانسداد أو التلف. كما تهدف أحياناً لتحقيق تجانس المياه الواردة إلى المحطة عند حدوث تغيرات مفاجئة في كميات ومواصفات الجريان الوارد. من أهم وحدات هذه المرحلة: المصافي، وأجهزة التفتيت أو السحق أو الطحن، وغرف أو أقنية الرمال والجريش، وأحواض الموازنة.
2. المعالجة الأولية: تهدف بشكل عام إلى إنجاز تخفيض جزئي للملوثات العضوية واللاعضوية المعلقة القابلة للترسيب أو التعويم (التطويف)، الطلب الكيميائي العضوي على الأكسجين. من أهم وحدات هذه المرحلة: أحراض التعويم، وأحواض الترويق (الترسيب) الأولي.
3. المعالجة الحيوية أو الثانوية: تعتبر أهم مراحل المعالجة وتهدف بشكل عام إلى إزالة الملوثات العضوية القابلة للتفكك الحيوي بواسطة الكائنات العضوية المجهرية وأهمها البكتيريا وذلك بتحويلها (أكسدتها) إلى مركبات مستقرة أو عناصر خاملة بالاستعانة بالأكسجين الجزيئي الحر(الهواء) أو المركب مع عناصر أخرى، ثم ترسيبها وفصلها عن المياه. من أهم وحدات هذه المرحلة: أحواض التهوية أو المفاعلات، وأحواض الترسيب (الترويق) الثانوي أو النهائي.
4. المعالجة المتقدمة: تهدف بشكل عام إلى تحسين نوعية المياه التي تمت معالجتها في المراحل السابقة وذلك بالتخلص من المواد والشوائب المعلقة

الناعمة والقضاء على الملوثات الحيوية كالديدان والجراثيم، بحيث تصبح هذه المياه بعدئذ خالية من الضرر وصالحة لكثير من الاستخدامات وفي طليعتها ري بعض أنواع المزروعات، من أهم وحدات هذه المرحلة: الترشيح، والتعقيم، وبعض وحدات المعالجة المتقدمة، التي تستخدم حسب المواصفات المطلوبة من المياه المعالجة، وأهمها وحدات إزالة النيترجين والفوسفور (المغذيات الرئيسة).

وتتضمن هذه العمليات ما يلي[109]:

1. التخثـــر الكيميـــائي والترســـيب Chemical coagulation & sedimentation

التخثر الكيميائي عبارة عن إضافة مواد كيميائية تساعد على إحداث تغير فيزيوكيميائي للجسميات ينتج عنه تلاصقها مع بعضها وبالتالي تجمعها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لزيادة حجمها وتستخدم . وتستخدم عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد والألمونيوم والكالسيوم والبوليمر.

2. الترشيح الرملي Sand Filteration

عبارة عن عملية تسمح بنفاذ الماء خلال وسط رملي بسماكة لاتقل عن 50 سم ويتم من خلال هذه العملية إزالة معظم الجسميات العالقة والتي لم يتم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لصغر حجمها إضافة إلى إزالة الموادالصلبة المتبقية بعد عملية التخثر الكيميائي كما أن هذه العملية ضرورية لتنقية المياه قبل معالجتها في عمليات لاحقة مثل الامتصاص الكربوني والتبادل الأيوني والتناضح العكسي.

---

[109] www.khayama.com

3. الامتصاص الكربوني Carbon Adsorption

ويتم في هذه العملية استخدام كربون منشط لإزالة المواد العضوية المذابة حيث يتم تمرير المياه من خلال خزانات تحتوي على الوسط الكربوني ويتم من خلال الكربون المنشط امتصاص المواد العضوية المذابة الموجودة في مياه الفضلات. وبعد تشبع الوسط الكربوني يتم إعادة تنشيطه بوساطة الحرق أو استخدام مواد كيميائية.

4. التبادل الأيوني Ion Exchange

من خلال هذه العملية يتم إخلال أيةنات معينة في الماء من مادة تبادل غير قابلة للذوبان بأيونات أخرى. وعملية التبادل الأيواني مشابهة لعملية الامتصاص الكربوني إلا أن الأولى تستعمل لأغراض إزالة المواد غير العضوية.

5. التناضح العكسي Reverse Osmosis

يتم في هذه العملية ضخ الماء تحت ضغط عال من خلال غشاء رقيق ذو فتحات صغيرة جداً يسمح بمرور جزيئات الماء فقط ويمنع مرور جزيئات الأملاح.

ويوضح جدول (8) نسب إزالة بعض الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي من خلال طرق المعالجة المختلفة الأولية والثانوية والمتقدمة:

الطريقة عنصر لإزالة	معالجة متقدمة باستخدام			معالجة ثانوية عملية الحمأة المحفزة%	معالجة أولية%
	أكسدة كيميائية وتناضح عكسي%	امتصاص كربوني بعد التبادل الأيوني%	المرشحات الرملية%		
	100	100	96	94	42
الأكسجين الكيموحيوي	100	98	88	83	38
الأكسجين الكيميائي	100	100	99	91	63
المواد العالقة الصلبة	100	100	80	70	18
نيتروجين الأمونيا	100	100	83	60	27
الفوسفور	100	100	90	89	34
الكربون العضوي	100	97	94	94	65
الزيوت والدهون	100	100	97	90	31
العكر	لا تغير	لا تغير	89	38	تزداد
القلوية	93	93	70	56	15
اللون	92	92	79	79	27
المواد المسببة للزبد					

5. معالجة الحمأة: تهدف بشكل عام إلى الإقلال من حجم الحمأة الناتجة عن المعالجة وزيادة تركيزها وإزالة الملوثات الحيوية (الجرثومية) منها ما يجعلها صالحة لبعض الاستخدامات المفيدة (محسن للتربة) أو سهلة الطرح النهائي في مواقع الطمر الصحي.

برك الأكسدة[110]

تعتبر برك الأكسدة أبسط الطرق على الإطلاق لمعالجة مياه المجاري والمخلفات الصناعية ويجري استخدامها بمعظم دول العالم وعلى سبيل المثال تمثل برك الأكسدة ثلث محطات معالجة المجاري في الولايات المتحدة. وتنشأ هذه البحيرات بطرق هندسية بسيطة لاتتعدى في بعض الأحيان أعمال الحفر والتمهيد والتسوية إذا كانت التربة قوية متماسكة ويكون عمقها عادة صغير ومساحتها كبيرة. وتتم المعالجة في هذه البحيرات بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتريا بالاستعانة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلاً في مياه المجاري.

ويفضل قبل أعمال التصميم والتنفيذ عمل دراسة الأمور التالية: طبوغرافية المنطقة ومايحيط بها، طبيعة المياه الجوفية، خصائص التربة ومكوناتها، درجة الحرارة والرياح السائدة والسطوع الشمسي، خصائص مياه الصرف، شكل البحيرات المناسب وأسلوب تشغيلها الأمثل، تكاليف الإنشاء والأرض والشتغيل، مجالات استعمال المخلفات السائلة بعد معالجتها.

ويجب أن يحقق شكل البحيرات وعددها الأمور التالية: مرونة التشغيل، إمكانية وقف تشغيل أي وحدة دون التأثير على باقي الوحدات وذلك لعمل الصيانة

---

[110] مياه الصرف الصحي وطرق معالجتها، /http://www.tkne.net

وتفريغ الرواسب، إذا ساعدت طبوغرافية الأرض على تصميم بحيرات طويلة بعرض صغير فهذا يعطي كفاءة أفضل (بشرط تعميق البحيرة في منطقة المدخل) لمرونة التشغيل. وتستخدم بحيرات الأكسدة عادة للتدفقات الصغيرة ولكن لايمنع إستخدامها للتدفقات الكبيرة عند توفر مساحات كافية من الأرض بسعر مناسب، وعلى سبيل المثال فقد استخدمت بحيرات الأكسدة في كاليفورنيا بأمريكا بمساحة (250) هكتار وذلك لمعالجة تدفق يبلغ (250000 m^3/d).

وعموماً يمكن إستخدام برك الأكسدة بعد مرحلة أو أكثر من مراحل المعالجة التالية: حجز المواد الطافية بإستخدام المصافي، حجز الرمال في أحواض منفصلة، أحواض التحليل، أحواض الترسيب الإبتدائية، أحواض أمهوف، بحيرات لاهوائية، أحواض حجز الزيوت والشحوم.

مميزات برك الأكسدة وأهميتها

بدأ الإهتمام بمعالجة المخلفات السائلة بهذه الطريقة من أجل المناطق الصحراوية الجافة والحارة خصوصاً، حيث تساعد درجات الحرارة وكذلك أشعة الشمس على نمو الطحالب التي تمد البحيرات بالأكسجين الذائب ولهذه الطريقة مزايا لايمكن توفيرها في طرق المعالجة الأخرى وتتلخص هذه المزايا كما في الآتي:

1. يمكن تشغيلها بطرق كثيرة، كما أنه يمكن تغيير طريقة التشغيل في حالة زيادة الأحمال الهيدروليكية والعضوية بدون الحاجة إلى إضافة وحدات جديدة ويتم ذلك باستخدام نظام أو أكثر من النظم المستخدمة في محطة معالجة واحدة: بحيرات أكسدة لاهوائية (تعمل كمعالجة تمهيدية لمياه المجاري)، بحيرات أكسدة اختيارية، بحيرات أكسدة هوائية، بحيرات أكسدة بالهواء المضغوط، بحيرات الإنضاج. حيث يمكن ربط أكثر من طريقة من هذه الطرق في عملية معالجة واحدة حسب درجة المعالجة المطلوبة والتي ترتبط باستعمال المياه الجوفية.

2. يمكن استخدام هذه الطريقة في الحالات التالية: المناطق التي توجد فيها مساحات شاسعة من الأراضي بسعر رخيص، عدم توفر الإعتمادات اللازمة لطرق المعالجة التقليدية المكلفة، عدم توافر الخبرة والعمالة المدربة لتشغيل الطرق الأخرى.
3. إمكانية إستخدام هذه الطريقة لمعالجة: مياه المجاري معالجة إبتدائية، مياه المجاري معالجة ثانوية، معالجة الحمأة الزائدة.
4. الإنشاء والتشغيل والصيانة في هذه الطريقة تتم بأقل التكاليف.
5. فعالية بحيرات الأكسدة في القضاء على البكتريا الضارة والفيروسات وبيوض الديدان المرضة وذلك بسبب مايلي : زمن التخزين الطويل الذي يسبب الترسيب المستمر للمواد العالقة فيها، تضارب الظروف البيئية للأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة وتأثير بعض هذه الأنواع على الأخرى، تأثير أشعة الشمس، ارتفاع pH المياه في البرك بسبب استهلاك أوكسيد الكربون بواسطة الطحالب، المواد السامة التي تفرزها الطحالب والتي تقاوم الكائنات الحية الضارة، استنفاذ المواد المغذية للبكتريا.
6. استيعاب التغيرات الفجائية في الأحمال الهيدروليكية والعضوية.
7. تناسب معالجة أنواع كثيرة من المخلفات الصناعية، حيث يمكن إزالة الشوائب السامة، ويرجع ذلك لزمن المكوث الطويل وارتفاع pH المياه، وقد أثبتت التجارب أن وجود المعادن الثقيلة (الكروم والكاديوم والنحاس والزنك والنيكل) بتركيز 6 mg/L لكل منها مثلاً لايؤثر على تشغيل البحيرات.
8. يقل تركيز المواد الذائبة الكلية نتيجة المعالجة في برك الإنضاج.

مساوئ بحيرات الأكسدة

1. انتشار الروائح والبعوض.
2. المحتوى العالي للمواد الصلبة المعلقة.
3. الاحتياج لمساحات واسعة لذلك يتم إنشاؤها في المناطق ذات الأراضي الرخيصة.
4. فقدان كمية كبيرة من المياه بسبب التبخر.
5. تلوث المياه الجوفية بسبب الرشح وهذا يتعلق بعامل النفوذية.

المعالجة المتقدمة تهدف إلى:[111]

- إزالة المركبات النيتروجينية

يتواجد النيترجين العضوي في المياه الملوثة. إما في شكل أمونيا أو في شكل لاعضوي أي نترات منحلة وتهدف المعالجة إزلتها معاً وتتم عملية إزالة النشادر أو النترات بطرق محدودة لازالت تواجه مصاعب فنية عديدة ونتطرق هنا إلى الطريقة التي أثبتت نجاحاً في الوقت الحاضر وهي تتضمن تعديلاً على طريقة الأحوال النشطة بحيث يتم إرجاع (اختزال) النترات إلى غاز نيتروجين الحر وتبدو الطريقة بسيطة من حيث المبدأ ولكنها تحتاج إلى ضبط دقيق. ففي مصنع الأحوال النشطة يتحول النشادر إلى نترات في خزان التهوية تم تضاف إلى المياه مواد حافزة فعالة مثل الكحول المثيلي. وتحت هذه الظروف فإن الكائنات الحية الموجودة في الوحل النشط تستهلك أولاً الأكسجين المنحل ثم نحصل بعد ذلك علي الأكسجين من إرجاع النترات فينطلق علي هيئة غاز حر ويفصل بعد ذلك الوحل ويعاد إلى خزان تهوية المياه في بداية الخط. وقد استخدم علماء آخرون طريقة أخرى لنزع النشادر بواسطة الهواء بزيادة قيمة pH حتى 10.8 وعندها يتحول النشادر المنحل إلى

---

[111] http://www.khayma.com/madina/m5-files/waste-t.htm

نشادر غير متأين (جزئي) يمكن نزعه بتيار هواء خالي من النشادر وبما أن النشادر ينحل جيداً في الماء فإنه يستوجب استخدام أحجام كبيرة من الهواء لنزع النشادر تصل إلى حوالي 3000 ضعف من حجم الماء السائب.

وفي كلتا الحالتين لابد من إرجاع قيمة الأس الهيدروجيني pH للمياه إلى حالة التعادل 7 تقريبا ومن الممكن هنا استعمال ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تحويل الأوحال إلى رماد أو أي وسيلة أخري مناسبة وفي الوقت الحاضر يصاحب هذه الطريقة لنزع الأمونيا (النشادر) مشكلتان فنيتان ترتبط الأولي بترسيب كربونات الكالسيوم في البرج علي هيئة أوحال لينة يمكن إزالتها بتيار مائي قوي أما إذا كانت هذه الرواسب قاسية فلابد من اتباع إجراءات أكثر تعقيدا أما المشكلة الثانية بزيادة انحلال الأمونيا في الماء عند انخفاض درجة الحرارة في الخارج وبسبب هذه المشكلة الأخيرة فقد تم التوجه نحو التبادل الأيوني كعملية بديلة لإزالة الأمونيوم وتنشط هذه المبادلات بين فترة و أخرى بمعاملتها بمحلول قلوي رخيص الثمن مثل هيدروكسيد الكالسيوم.

- إزالة المركبات الفوسفاتية

تتم هذه العملية بسهولة نسبية وهي تتضمن إضافة أملاح الحديد أو الحديدي أو الكالسيوم في مرحلة مناسبة للمعالجات السابقة (ففي السويد) تزال جميع أنواع الفوسفات المنحلة باستعمال كبريتات الأمونيوم في معالجة ثالثية وتضاف أملاح الألمونيوم بكميات محسوبة تماماً لنتاج المعالجة الثانوية مع الأوحال النشطة ثم توضع المياه في خزان ترسيب مع تحريك خفيف وتنقص بذلك محتويات الفوسفات في الماء المعالج من 8 ملغم/ لتر إلى 1 ملغم/ لتر.

ويضاف أحياناً أكسيد الكالسيوم في مرحلة الترسيب الأولي فيترسب الفوسفات مع الوحل علي شكل هيدروكسيد ابيتيد.

وتزيد هذه العملية قيمة pH الوسط إلى حوالي 9.5 وهي قلوية مقبولة يمكن تعديلها بثاني أكسيد الكربون الناتج عن الأكسدة الحيوية في الأوحال النشطة كما أن إضافة أكسيد الكالسيوم يوفر القلوية اللازمة لنزع النشادر بالقرقرة حيث يمرر تيار هوائي مضغوط داخل المحلول حتى يخلط جيداً بمقدار عالي من الأكسجين، ولكن من الضروري في هذه الحالة التأكد من تعديل المياه قبل استخدامها أو طرحها في الأنهار.

- الحصول على مياه الشرب

لابد من القيام بعدة إجراءات قبل السماح باستخدام مياه المعالجة المتقدمة وتوزيعها علي المنازل وتتلخص هذه الإجراءات فيما يلي:

1. إزالة الفيروسات والميكروبات الأخرى: مع أن الكلور شائع للتعقيم العام من البكتيريا الضارة فإن إزالة الفيروسات أصعب بكثير ويستخدم لها الغرض كميات كبيرة من الفحم الفعال حيث يمرر الماء خلال الفحم الفعال الحبيبي الناعم وذلك قبل إضافة الكلور الصافي المعقم ويجب ألا تقل فترة التماس بين الماء والكلور عن ساعة مع العلم بأن الإزالة التامة للبكتيريا ممكنة ولكن الأمر ليس كذلك بالنسبة للفيروسات.
2. إزالة المواد العضوية: يفضل دوماً إزالة هذه المواد بأكبر نسبة ممكنة قبل إعادة استعمال المياه واستخدامها للشرب من جديد.
3. إزالة المكونات غير العضوية: إن إزالة الصوديوم والكلوريد تكون أكثر صعوبة من غيرها وتتطلب إزالة هذه المكونات اللاعضوية طرقاً متطورة لتحليل المياه المالحة (الملوثة) كالتحليل الكهربائي والإحلال العكسي واستخدام المبادلات الأيونية والتقطير الحراري العادي ويحدد العامل الاقتصادي من ناحية التكلفة باختيار هذه الطريقة أو تلك.

إن طريقة الإمتزاز على الفحم الفعال تعتبر مفيدة لإزالة الطعم والرائحة من المياه المعالجة بالرغم من التكلفة المالية الإضافية ويمكن إعادة تنشيط هذا الكربون بين فترة وأخرى وذلك بتسخينه في معزل عن الهواء حتى درجة 950 درجة مؤية ففي هذه الدرجة يتخلص من الشوائب وتكون كمية الفحم الضائعة صغيرة لا تتجاوز بضعة أجزاء من المائة.

وفي مدينة أوهايو الأمريكية يمرر حوالي 38000 م^3 من الماء في اليوم على الفحم الفعال بعد مرحلة المعالجة الأولية والثانوية والمتقدمة لتحسين الطعم والرائحة وهذا يمكن تعقيم المياه بالأوزون أو الماء الأكسجيني بدلا من الكلور ذو الطعم غير المستحب.

الحمأة[112]

الحمأة عبارة عن مزيج من المواد الصلبة و الماء (طين)، إن معظم عمليات معالجة مياه الصرف تنتج حمأة يجب التخلص منها، فهي تنشأ عن:

مراحل المعالجة الابتدائية لتسمى حمأة ابتدائية

- مراحل المعالجة الثانوية لتسمى حمأة ثانوية
- خليط من المرحلتين الابتدائية و الثانوية لتسمى حمأة مختلطة.

مواصفات الحمأة الناتجة عن مياه الصرف البلدي: إن مواصفات الحمأة الثانوية تختلف وفقاً لنوع عملية المعالجة البيولوجية.

الحمأة الأولية

الحمأة الأولية الناتجة عن ترسيب مياه الصرف الصحي الخام يكون:

1. لونها أسود (فاتح).
2. لها رائحة كريهة
3. محتوى الماء فيها يختلف بشكل كبير

[112] www.env-gro.org

4. المواد الصلبة العضوية فيها تحتوي على:
- دهون.
- شحوم.
- فضلات طعام.
- براز.
- ورق.

5. محتوى الماء يعتمد على عوامل عدة تتضمن:
- حجم و شكل حوض الترسيب الابتدائي.
- زمن المكوث في الحوض.
- تكرار وطريقة إزالة الحمأة.

الحمأة الثانوية

غالباً ما تحتاج المياه إلى مرحلة ترسيب ثانوي لتخليص المياه من الأحياء البيولوجية المتكاثرة في عمليات المعالجة البيولوجية (مهما كانت طريقة المعالجة البيولوجية) :

1. الترشيح البيولوجي ينتج حمأة دبالية لونها مائلاً للبني عندما تكون جديدة.
2. لها رائحة التراب.
3. المادة الصلبة تشكل المواد العضوية فيها 65 – 75 %منها تتضمن:
   - الفضلات البيولوجية.
   - الحشرات.
   - الديدان.

عمليات الحمأة المنشطة تنتج الحمأة الفائضة المادة الصلبة 70 – 85 %منها على شكل مواد متندفة و مواد صلبة ناتجة عن التمثيل الخلوي نتيجة الأكسدة البيولوجية و من الكائنات المجهرية

الحمأة المختلطة

في العديد من محطات المعالجة قد تضخ الحمأة الدبالية المنتجة عن المرشحات البيولوجية أو الحمأة الفائضة عن عمليات الحمأة المنشطة و كذلك الحمأة الناتجة عن مراحل المعالجة الثالثة إلى أحواض الترسيب الأولي لتترسب مع الحمأة الابتدائية عندها تدعى الحمأة المختلطة

إن نصف كلفة تشغيل محطة معالجة مياه الصرف في الدول الأوربية تقريباً تصرف على معالجة الحمأة وطرق التخلص منها ولا بد من البحث عن الطرق التي تؤدي إلى تقليل هذه الكلفة إلى الحد الأدنى.

إن فرش الحمأة الخام أو المعالجة على الأراضي يمكن أن يقلل إلى حد كبير من كلفة التخلص منها كما أنه يمكن أن يؤمن قسماً كبيراً من احتياج الأرض للنترات والفوسفات من أجل العديد من المحاصيل.

نادراً ما ينحصر نظام الصرف الصحي الحضري على نقل مياه صرف منزلية فقط ولكن غالباً ما تنقل إلى شبكة الصرف تدفقات صناعية من المعامل وجريانات مطرية من الطرقات والساحات المعبدة؛ لذلك فإن الحمأة الناتجة

عن معالجة مياه الصرف تحتوي بالإضافة إلى النفايات العضوية على آثار من العديد الملوثات التي نستخدمها بعض من هذه الملوثات سام للنباتات وبعضها سام للإنسان والحيوان، لذلك من الضروري ضبط تركيزها في التربة وضبط معدلات تطبيقها على التربة.

إن حمأة مياه الصرف تحتوي أيضاً على بكتيريا ممرضة، والفيروسات ووحيدات الخلية وشوائب أخرى يمكن أن ترفع مستوى الخطر على صحة الإنسان والحيوان والنبات، يمكن تقليل أعداد العوامل الممرضة الموجودة في الحمأة قبل تطبيقها على الأرض وذلك بمعالجة مناسبة للحمأة، ويقل احتمال الخطر الصحي بتأثير الطقس، وأحياء التربة والزمن بعد إضافة الحمأة إلى الأرض.

إن المادة العضوية في الحمأة يمكن أن تحسن من سعة التربة للاحتفاظ بالماء وتحسن من بنية بعض الترب. خاصة عندما تضاف إلى الأرض على شكل كعكة حمأة مزال منها الماء.

طرق معالجة الحمأة

إن معظم عمليات المعالجة المستخدمة في ضبط تلوث الماء تنتج حمأة من عمليات فصل المواد الصلبة أو هي تنتج حمأة نتيجة للتفاعلات الكيميائية أو البيولوجية .
إن الطريقة المتبعة تكون محدودة بـ:

- حجم الحمأة المراد معالجتها.
- الآثار الجوية.
- القيود التي تفرضها مساحة الأرض.
- مواصفات التربة.
- التطور التكنولوجي المتوفر.
- مياه الصرف الصناعية قد تفرض قيوداً أيضاً على استخدام بعض عمليات معالجة الحمأة يجب تقييم و دراسة كل حالة على حدة.

إن الهدف النهائي لطرق معالجة الحمأة و التخلص منها هو تخفيض محتوى الحمأة من الماء ومن المادة العضوية، إن تخفيض محتوى الحمأة من الماء يقلل كثيراً من الحجم اللازم نقله من أجل التخلص النهائي، هذه الطرق تتضمن:

- التكثيف.
- الهضم.
- التكييف.
- إزالة الماء و التجفيف.
- الترميد.

إن عمليات الهضم والترميد تستعملان أساساً من أجل إزالة المادة العضوية الموجودة في الحمأة، بينما تستخدم عمليات التركيز والتكييف وإزالة الماء من أجل إزالة الماء عن الحمأة.
ولا بد من الإشارة إلى أنه ليس من الضروري أن تخضع المياه العادمة في كافة الأحوال إلى سائر هذه المراحل والوحدات المشمولة بها مجتمعة، وإنما تتحدد درجة ومستوى المعالجة ونوع الوحدات المطلوبة حسب نوعية المياه المرغوب بتحقيقها بعد المعالجة والمحكومة بالاستخدام النهائي.
وعندما تكون المياه العادمة ذات مصدر صناعي (من الصناعات المختلفة) وخاصة تلك الصناعات التي تطرح بعض الأنواع من الفضلات التي تصعب معالجتها بالطرق الحيوية التقليدية، تطبق عندئذ على هذه المياه عمليات خاصة كيميائية أو فيزياكيميائية لمعالجة تلك الفضلات.

ضبط الروائح

كما تشمل محطة المعالجة التقليدية في العديد من الحالات على وحدات خاصة لضبط الروائح هدفها معالجة وإزالة الروائح الكريهة المترافقة عادة بالمياه العادمة وخاصة في المناطق الحارة أو التي تنطلق عندما تحدث بعض الأعطال في بعض وحدات المعالجة أو التي تنتشر في المحطة عندما تصل إليها كميات من المياه العادمة تزيد عن الحمولات المصممة من أجلها. من أهم وحدات ضبط الروائح وحدات الإزالة الرطبة، ووحدات الإزالة بالكربون المنشط.

استرجاع وإعادة استخدام مياه الصرف

أهمية إعادة استخدام المياه والتي تتمثل في الآتي:[113]

1. توفير كميات من المياه كافية للعديد من الاستخدامات المختلفة.

---

[113] معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها، www.msrintranet.capmas.gov.eg

2. تخفيف العبء الملقى على الشبكات العمومية.
3. تخفيض التلوث الحراري المحتمل والذي ينتج من استخدام مياه التبريد مرة أخرى في الصناعة وعدم صرفها إلى المجاري المائية.
4. إمكانية استعادة الفاقد من الخامات المستخدمة في الصناعة نتيجة لمعالجة المخلفات الصناعية السائلة ولا سيما في حالة الخامات المستوردة والمرتفعة التكلفة.

إزاء تزايد الطلب على المياه، والاستهلاك غير المستدام لموارد المياه الطبيعية، يلقى موضوع استرجاع وإعادة استخدام مياه الصرف اهتمامًا متزايدًا في الآونة الأخيرة. وتعتبر نوعية المياه المسترجعة شأناً أساسيًا في تطبيقات إعادة الاستخدام، وتحدّد تسلسل عملية معالجة المياه العادمة. ويصف هذا القسم
التطبيقات المختلفة لإعادة استخدام مياه الصرف مع التركيز على نوعية المياه المسترجعة:

1. الري:

يمكن إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة لري المحاصيل والمناظر الطبيعية. وتعتبر نوعية المياه المعالجة وملاءمتها لنمو الزرع العامل الأساسي في هذا التطبيق. ولبعض مكونات المياه المسترجعة أهمية خاصة في الري الزراعي، ومنها التركيزات المرتفعة للجوامد المذابة والمواد الكيميائية السامة والكلور المترسب والمغذيات. ومن الاعتبارات البالغة الأهمية أيضًا المخاطر التي يطرحها، على الصحة والسلامة العامة، احتمال وجود عوامل ممرضة جرثومية، وديدان وكائنات وحيدة الخلية وفيروسات. وتختلف أهمية هذه العوامل حسب الاستخدام في الري ودرجة التلامس البشري. ومن العوامل المقيدة لاستخدام المياه العادمة المعالجة في الري تسويق المحاصيل وتقبل العامة،

وتلوث المياه السطحية والجوفية، وارتفاع تكاليف ضخ المياه المسترجعة إلى الأراضي الزراعية.

2. الاستخدام الصناعي:

المياه العادمة المسترجعة هي مصدر مثالي للاستخدامات الصناعية، لأن العمليات الصناعية، ومنها التبريد التبخيري وتغذية المرجل، لا تتطلب مياه فائقة الجودة. ولكل استخدام قيود تحد من قابلية تطبيقه، فاستخدام المياه المسترجعة في أبراج التبريد، مثلاً، يسبب مشاكل عدة منها التقشر والتآكل والنمو البيولوجي والحشف والإرغاء، ويسبب استخدام المياه العذبة المشاكل ذاتها، ولكن بمعدل تكرار أقل. أما في تغذية المِرجل، فينبغي خفض عسر المياه ونزع المعادن من المياه العادمة قبل استخدامها.

3. الاستخدامات الترفيهية:

تستخدم المياه المسترجعة لأغراض ترفيهية تشمل صيانة المناظر الطبيعية والخزانات الجمالية، واحتجاز المياه والنوافير، وصناعة الثلج، وتربية السمك، وتغذية البحيرات المخصّصة للسباحة والصيد والقوارب. ويحدد المستوى المطلوب لمعالجة المياه المسترجعة حسب الاستخدام المقصود، ويُرفع مع درجة التلامس البشري. فللاستخدام الترفيهي غير المقيد، مثلاً، تعالج المياه بالتخثر والترشيح والتطهير للحصول على عدد بكتيريا الكوليفورم أقلّ من ٣ في كل ١٠٠ مليتر.

4. تغذية طبقات المياه الجوفية

تساعد تغذية طبقات المياه الجوفية في المحافظة على مستوياتها وحمايتها من تسرب المياه المالحة، كما تكوّن طريقة لحفظ المياه المسترجعة للاستعمال المستقبلي. وتجري تغذية المياه الجوفية بالنشر السطحي في أحواض أو الحقن المباشر في مجاري المياه الجوفية. فطريقة النشر السطحي تستخدم الغمر

والتخديد والأراضي الرطبة الاصطناعيّة وأحواض التسريب، وتحسن نوعية المياه المسترجعة كثيراً بسبب ترشحها عبر التربة والمنطقة غير المشبعة ومجمع المياه الجوفية؛ وطريقة الحقن المباشر مكلفة بسبب ارتفاع كلفة معالجة مياه الصرف وكلفة معدات الحقن. ومن أخطار تغذية طبقات المياه الجوفية بمياه مسترجعة احتمال التلوث.

5. إعادة الاستخدام كمياه للشرب

يثير استخدام المياه المسترجعة للشرب حذرًا شديدًا، بسبب رفض العامّة ومخاطر الصحة والسلامة. ومع الأبحاث الشاملة التي أجريت في هذا المجال، يواجه هذا الاستخدام عدة قيود، ولا سيما في وضع معيار مناسب لنوعية المياه. ولذلك يقتصر استخدام المياه العادمة البلدية المسترجعة للشرب على الحالات القصوى.[114]

وتعتبر الزراعة المجال الأكبر والمستفيد من إعادة استخدام المياه سواء الواردة من مصادر زراعية مثل مياه الصرف الزراعي - أو من مصادر الصرف الصحي والصناعي بعد معالجتها إلى المعايير المناسبة باستخدام تكنولوجيا رخيصة مناسبة غير معقدة بعد التأكد من خلوها من المواد السامة والضارة مع أخذ العامل الاقتصادي في الاعتبار. وتتلخص المعايير التي تستخدم في الحكم على صلاحية المياه المزمع إعادة استخدامها في الري فيما يلي:

- نسبة الأملاح الكلية الذائبة وهو ما يعبر عنه بدرجة الملوحة بحيث لا يتعدى تركيزها الحدود المسموح بها.
- درجة نفاذية المياه في التربة.

---

[114] تكنولوجيات معالجة المياه العادمة، الأمم المتحدة، 2003، ص48

- تركيز العناصر السامة أو الضارة في المياه ووجود مسببات الأمراض الميكروبية مما له تأثيره على انخفاض المحصول عن معدله الطبيعي.
- العوامل الأخرى والمتمثلة في تركيز العناصر الكبرى المغذية للنبات مثل النيتروجين حيث أن المحاصيل الحساسة لهذا العنصر تتأثر إذا ما زاد تركيزه.

وبصفة عامة فإنه يجب في حالة إعادة استخدام المياه في أغراض الزراعة مراعاة النقاط الآتية:

1. توفير شبكة صرف زراعي جيدة متكاملة.
2. الاهتمام بمتابعة مستوى الملوحة وغسيل الأراضي للمحافظة على عدم تجاوز مستوى الملوحة التي يتحملها المحصول.
3. اختيار المحاصيل التي تتحمل الملوحة بدرجة عالية.
4. الاهتمام بالعمليات الزراعية الأخرى مثل تسوية الأرض ضماناً لتوزيع المياه، وضبط معدلات التسميد، واختيار الأسلوب الأمثل للري.
5. الاهتمام بمعالجة المياه وتخليصها من الأيونات السامة قبل الاستخدام.
6. الإلتجاء إلى خلط المياه المزمع إعادة استخدامها وبذلك يتحقق هدفين الأول هو تحسين نوعيتها، والثاني توفير وإتاحة كميات أكبر من المياه للاستخدام وتغطية الإحتياجات المائية.

ولاشك إنه يمكن استخدام مياه الصرف الصحي في الري الزراعي بعد معالجتها معالجة أولية في ري المحاصيل التي لا تستهلك إستهلاكاً مباشراً بواسطة الإنسان، بينما يرى أنه من الضروري واللازم معالجتها معالجة ثانوية إذا ما استخدمت في ري المحاصيل التي تستهلك مباشرة .

مزايا استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة

يحقق استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة فوائد كثيرة، والتي تختلف باختلاف ظروف المكان ونوعية المحاصيل والمياه وطرق الري وتتعدد المزايا منها ما يلي:

1. ترشيد المياه: بما تمثله من مورد جديد من موارد المياه للري.
2. استمرارية المصدر: في بعض المناطق النائية والتي يتكلف وصول مياه الري بها تكلفة كبيرة ويكون أسلوب استخدام مياه الصرف المعالجة هو الأسلوب الأنسب، وكذلك في المناطق المعرضة للجفاف.
3. القيمة الغذائية للنبات ويحتوي سائل الصرف على عناصر غذائية كثيرة للنبات لما يحتويه من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والنحاس والحديد والزنك وغيرها.
4. تحسين خواص التربة: فمثلاً يؤدي إلى خفض قيمة pH (درجة تأيين الهيدروجين) مما ييسر امتصاص العناصر الغذائية في التربة، وزيادة السعة المائية للتربة وكذلك زيادة السعة التبادلية للكاتيونات.
5. زيادة إنتاجية المحاصيل: أثبتت الأبحاث الحقلية أن استخدام مياه الصرف الصحي يزيد من إنتاجية المحاصيل الزراعية.
6. حماية البيئة: الأسلوب التقليدي للتصرف في مياه الصرف الصحي هو المعالجة ثم إلقاؤها فى المصارف، بخلاف بعض التجاوزات بإلقاء سائل الصرف الخام مباشرة فى المصارف مما يؤدي إلى آثار خطيرة على البيئة، أما في حالة معالجة مياه الصرف الصحي واستخدامها في الري فإننا بذلك نضمن عدم تلوث المصارف أو زيادة منسوب المياه الجوفية، وعموماً فإن حماية البيئة من هذه المخلفات السائلة لا يقل أهمية عن النتائج الاقتصادية المترتبة على إعادة استخدامها بأمان.

7. قلة التكلفة: حيث يخفض استخدامها من استخدام الأسمدة الكيماوية، وبالتالي يوفر مبالغ طائلة.
8. حفظ المياه: يمكن حفظ المياه المعالجة عن طريق حقن التربة فى بعض المناطق النائية وسحبها فى وقت لاحق لاستغلالها فى أعمال الزراعة.[115]

تقنيات معالجة المياه العادمة في بعض الدول العربية[116]

جمهورية مصر العربية:

في مصر يتم انتاج أكبر كميات من المياه الصرف الصحي على مستوى دول المينا والتي تتجاوز كمياتها حوالي 2.4 مليار م^3/ عام، ومن المتوقع أن تصل إلى نحو 4.0 مليار م^3 / عام 2010 . لذا تتنوع في مصر أساليب استعمال المياه العادمة للأغراض المختلفة. وفي السنوات الأخيرة قامت وزارة الدولة لشؤون البيئة بوضع خطة للحفاظ على الموارد الطبيعية والحد من تلوثها حيث تم إنشاء الغابات الشجرية وزراعة أنواع متعددة من الأشجار لإنتاج الخشب للوصول إلى مايلي:

- الحد من التخلص من المياه العادمة خاصة في نهر النيل.
- الحد من الممارسات السلبية الخاصة باستعمال المياه العادمة في الري غير المقيد.
- مكافحة التصحر وتحويل مساحات منها إلى مناطق غنية بيئياً.
- تطوير الصناعات الخشبية.

المملكة الأردنية الهاشمية:

هنالك العديد من المحاولات لاستعمال المياه العادمة المعالجة في الزراعة المقيدة، خاصة لإنتاج الأخشاب والأعلاف وبخاصة حشيشة السودان. ويتواكب ذلك مع

---

[115] معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها، www.msrintranet.capmas.gov.eg

[116] الوصول إلى مصادر المياه غير التقليدية في الزراعة الحضرية، http://www.urbanagriculture-mena.org

تطوير المواصفات الخاصة باستعمال المياه العادمة المعالجة في الزراعة حيث تم مؤخرًا إعلان مواصفات استعمال "المياه المستصلحة" لأغراض الري المقيد. ورغم أن معظم الدول بدأت بوضع تشريعات تسمح باستعمال المياه المعالجة لري المحاصيل لإنتاج الغذاء، إلا أن التشريعات الحالية لا تسمح بهذا حيث يتم تدمير المحاصيل التي يتم ريها بالمياه المعالجة خارج المواصفات.

فلسطين:
نظرًا لشح المصادر المائية، فإنه تستخدم مياه الصرف الصحي غير المعالجة ونصف المعالجة في أغراض مختلفة ولري زراعات مختلفة بما يشمل الخضروات ومحاصيل الأعلاف والأشجار المثمرة (الزيتون وأشجار النخيل). ويساعد استعمال المياه المعالجة في الأغراض الزراعية والمنزلية على الحد من
العجز بين المتاح والمطلوب من المصادر المائية، فقد انخفض العجز في كمية المياه في عام 2000 إلى نحو 60 مليون م^3 بدلاً من 112 مليون م^3، إلا أن العجز في مصادر المياه في فلسطين بازدياد كبير بالرغم من تنامي كميات المياه العادمة المتاحة.

الجمهورية التونسية:
هنالك اهتمام في الاستعمال الآمن للمياه المعالجة في تونس، حيث يتم إنشاء عدد كبير من محطات معالجة المياه العادمة المتقدمة ضمن خطة قومية تشمل المناطق الحضرية والريفية.

تحلية المياه

تحلية المياه المالحة معناه الحصول على مياه تركيز الأملاح فيها قليل بواسطة طرق مختلفة تقوم بفصل الأملاح عن الماء أو بفصل الماء عن الأملاح. هنالك عدة طرق لعملية التحلية منها طريقة الأسموزة العكسية وطريقة التبخر المضغوط.

جدول رقم (9):درجات تركيز المواد الصلبة الذائبة لعدد من أنواع المياه[117]

نوع المياه	المواد الصلبة الذائبة الكلية (ملغم / لتر)
مياه مالحة	12000 إلى 1500
مياه البحر (منطقة الشرق الأوسط)	5000
مياه البحر (بحر الشمال)	35000

مواصفات درجة الملوحة[118]

1. للاستهلاك البشري: تعتمد الدرجة العظمى لتركيز الأملاح المسموح به في مياه الشرب على نوع الملح وكمية الاستهلاك اليومي وعلى العوامل الشخصية. وبشكل عام يجب أن لا تزيد درجة ملوحة مياه الشرب عن 500 جزء لكل مليون، مع اعتبار أن 1000 جزء لكل مليون هو الحد الأعلى للملوحة لمياه الشرب (1000جزء بالمليون =1غم من الملح/ كغم من الماء). وتوفير مياه الشرب بتحلية المياه المالحة لا يمثل عبئاً كبيراً من الناحية الاقتصادية، لأن كمية مياه الشرب التي يحتاجها الإنسان قليلة نسبياً (2 – 8 لتر يومياً للفرد الواحد حسب المناخ السائد وطبيعة العمل الذي يمارسه الشخص).
2. للصناعة: تعتمد مواصفات تنقية المياه المستخدمة في الصناعة على طبيعة الاستخدامات الخاصة بكل صناعة، فمثلاً يجب أن تكون معظم المياه المستعملة في صناعة النسيج والجلد والورق والكيماويات والأغذية منخفضة الملوحة، بالإضافة إلى انخفاض العسر فيها (أي التخلص من

[117] مفتاح سريح، تحلية المياه المالحة، ص 3

[118] تحلية المياه المالحة، faculty.ksu.edu.sa

كبريتات الصوديوم والمغنيسيوم)، ولكن يمكن استخدام المياه عالية الملوحة في تبريد المكثفات الصناعية.

3. للزراعة: أن معظم النباتات الأرضية ليس لها القدرة على المحافظة على نموها في محيط ملحي، بل إن إنتاجيتها تقل إذا احتوى ماء الري على أكثر من 2000 جزء أملاح في المليون. بشكل عام تبلغ احتياجات الأراضي الزراعية إلى حوالي متر مكعب (طن) من ماء الري لكل متر مربع في السنة، وتعادل هذه النسبة 1.000.000 م^3/كم^2 من الأراضي الزراعية، فمن الواضح بأن استخدام مياه محلاة في مجال الري أمر مكلف للغاية.

عوامل اختيار الطريقة المناسبة للتحلية:

أولاً: نوعية مياه البحر (تركيز الأملاح الذائبة الكلية)

تصل كمية الأملاح الكلية المذابة في المياه الخليج العربي إلى حوالي 56000 جزء من المليون في الخبر كما أنها تتراوح ما بين 38000 إلى 43000 جزء من المليون في مياه البحر الأحمر بمدينه جده.

ثانياً: درجة حرارة مياه البحر والعوامل الطبيعية المؤثرة فيه

ويجب مراعاة ذلك عند تصميم المحطات حيث أن المحطة تعطي الإنتاج المطلوب عند درجة الحرارة المختارة للتصميم بحيث لو زادت أو انخفضت درجة الحرارة عن هذا المعدل فإن ذلك يؤثر على كمية المنتج بالزيادة أو النقصان أما العوامل الطبيعية المؤثرة فتشمل المد والجزر وعمق البحر ومآخذ المياه وتلوث البيئة.

ثالثاً: تكلفة وحدة المنتج من ماء وكهرباء

وذلك بمتابعة أحدث التطورات العالمية في مجال التحلية وتوليد الطاقة للوصول إلى أفضل الطرق من الناحية الاقتصادية من حيث التكلفة الرأسمالية وتكاليف التشغيل والصيانة.

طرق تحلية المياه

كما وأن تحلية المياه تعني الطرق التي تتطلب طاقة لفصل الماء والأملاح الموجودة في الماء الخام. ويتم الإيفاء بالطاقة المطلوبة من وحدات معينة مصممة لهذا الغرض. ويمكن إتمام تحلية المياه بطرق عديدة منها التقطير، والتجمد، والتناضح العكسي والديلزة. وتشمل الطرق الحرارية تلك الوحدات التي تأخذ ما تحتاجه من طاقة في شكل شغل، ومثال لهذه الوحدات التناضح العكسي، والفصل الغشائي الكهربائي (الديلزة)، والتجمد.



الشكل رقم (19): طرق تحلية المياه[119]

أولاً: طرق التقطير

تعتبر عملية التقطير من وحدات تحلية المياه والتي يتم فيها فرز الأملاح بالغليان في أوعية مناسبة لتنتج مسارين. أحد المسارين تقل فيه المواد الصلبة الذائبة ويسمى بمسار الماء النقي، والآخر يحتوي على بقية المواد الصلبة الذائبة ويسمى مسار المحلول الملحي المركز. ومن ثم يتم تكثيف البخار للحصول علي الماء النقي.

---

[119] waterco0.tripod.com

من محاسن هذه الطريقة لتحلية الماء:

1. التخلص من الجراثيم والكائنات الحية الدقيقة الضارة الموجودة في الماء الخام من بكتيريا و فيروسات وبروتوزوا وغيرها.
2. التخلص من المواد الصلبة غير الطيارة التي يمكن أن تتواجد في الماء الخام مثل الغازات الذائبة كغاز ثاني أكسيد الكربون والأمونيا (النشادر).

الفكرة الأساسية لعمليات التقطير تكمن في رفع درجة حرارة المياه المالحة إلى درجة الغليان وتكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه بعد ذلك إلى ماء ومن ثم معالجته ليكون ماء صالحا للشرب أو الري. وطريقة التقطير تعتمد أساسا على التغير في حالة المادة. وعادة يحتاج إلى وحدتي مبادلات حرارية، أحدهما لتبخير الماء الخام لبخار، والآخر ليساعد البخار على التكثيف. وتتراكم المواد الصلبة على أسطح المبادلات الحرارية لتكون الترسبات. ومن هذه الترسبات:

- ترسبات بلورات صلدة Hard Crystalline: وتلتصق بأسطح المبادلات الحرارية. وهذا النوع يمكن إزالته بطرق طبيعية مثل النحت أو الحفر
- ترسبات نتجت من محلول المادة والتي تتناقص ذوباناتها مع زيادة درجة الحرارة.
- ترسبات بلورية كثيفة وتكون متحدة ومترابطة بصورة جيدة بسطح المعدن.

ويمكن تقسيم الترسبات إلى الأنواع التالية:

1. ترسبات قلوية.
2. ترسبات غير قلوية.

كما أن هذه الترسبات تصعب إزالتها لأنها لا تذوب في الأحماض المعدنية وربما أدت إلى وقف وحدة التقطير. ومن أنسب الطرق العملية لتقليل مشاكل ترسبات كبريتات الكالسيوم تشغيل الوحدة على درجة حرارة تقل عن 120 درجة مئوية لمنع تراكم المترسبات.

ومن الطرق المتبعة للتخلص من المترسبات إضافة حامض لإزالة أيونات الكربونات من الماء قبل إدخاله إلى وحدة التقطير وكما يمكن إزالة المترسبات بالنظافة بالكريات الإسفنجية (تسمى طريقة تابوراج نسبة للصانع) وهنا يتم استخدام كريات مرنة من الإسفنج لها قطر أكبر من قطر أنابيب جهاز التقطير، ومن الطرق المستخدمة أيضاً لإزالة المترسبات تلك التي تعتمد على إزالة العناصر المكونة للترسب مثل أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والبيكربونات والكبريتات وتتم إزالة هذه الكربونات بإضافة أحماض لإزالة البيكربونات وتبادل الكاتيونات عبر الراتنج لإزالة أيونات الكالسيوم وإضافة مركب كربونات الجير والمغنسيوم لترسيب أيونات الكالسيوم وأيونات البيكربونات، كما ويمكن استخدام الأغشية المتنقاه للأيونات لتمرير الأيونات أحادية التكافؤ عبر الغشاء ومنع الأيونات ثنائية التكافؤ من العبور مثل أيونات الكالسيوم والمغنسيوم والكبريتات.

وهناك التقانات الميكانيكية والطبيعية لتجنب الترسيب حيث تضاف مواد ناعمة للمحلول فوق المشبع لإيجاد سطح يزيد من نمو البلورات، ومثال لهذه المواد كربونات الكالسيوم وكبريتات الباريوم وهيدروكسيد المغنسيوم والحبيبات الزجاجية وغيرها من المواد.[120]

نذكر منها بعض الطرق المهمة:[121]

1. التقطير العادي :

يتم غلي الماء المالح في خزان ماء بدون ضغط. ويصعد بخار الماء إلى أعلى الخزان ويخرج عبر مسار موصل إلى المكثف الذي يقوم بتكثيف بخار الماء الذي تتحول إلى قطرات ماء يتم تجميعها في خزان الماء المقطر. وتستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الصغيرة.

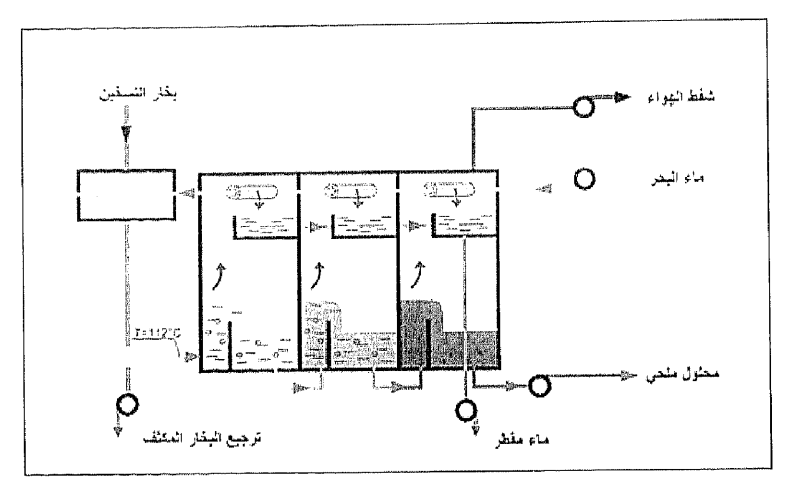
---

[120] مفتاح سريح، تحلية المياه المالحة، ص4

[121] طرق تحلية المياه المالحة، http://www.khayma.com

2. التقطير الومضي متعدد المراحل:[122]

اعتماداً على الحقيقة التي تقرر أن درجة غليان السوائل تتناسب طردياً مع الضغط الواقع عيها فكلما قل الضغط الواقع على السائل انخفضت درجة غليانه. وفي هذه الطريقة تمر مياه البحر بعد تسخينها إلى غرف متتالية ذات ضغط منخفض فتحول المياه إلى بخار ماء يتم تكثيفه على أسطح باردة ويجمع ويعالج بكميات صالحة للشرب. وتستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الكبيرة (30000 متر مكعب أي حوالي 8 ملايين جالون مياه يومياً).



الشكل رقم (20): التقطير الومضي المتعدد المراحل

لدينا في هذه الصورة عدة خزانات لتقطير ماء البحر موصلة ببعضها البعض على التوالي. يدخل ماء البحر في آخر خزان في آخر مرحلة ومن ثم إلى المرحلة التي قبلها وهكذا حتى يصل ماء البحر إلى مكان إدخال بخار التسخين حيث تتم عملية التبادل الحراري وتسخين ماء البحر إلى حوالى 116 درجة مئوية. يدخل ماء البحر

[122] dc177.4shared.com

بعد ذلك في خزان المرحلة الأولى ويبدأ تخفيض الضغط حتى يغلي ومن ثم يتصاعد البخار حتى يصل إلى السطح المبرد بواسطة ماء البحر الداخل فيتكثف ويسقط الماء المقطرويتجمع في الوعاء المخصص له. يخرج بعد ذلك ماء البحر من المرحلة الأولى والذي زادت نسبة تركيز الملح به بعد تبخر نسبة منه ويدخل إلى خزان المرحلة الثانية حيث ينخفض الضغط فيه أكثر بواسطة عملية شفط الهواء مما يؤدي إلى غليان الماء وتبخره وصعود البخار إلى الأعلى حيث يتكثف ويتحول إلى ماء مقطر في عملية مكررة في كل حيث يكون الضغط في كل مرحلة أقل من التي قبلها حتى يخرج في النهاية محلول ملحي عالي نسبة التركيز لايمكن معالجته أكثر.

في محطات تحلية مياه البحرالتي تعمل على طريقة التقطير الومضي المتعدد المراحل يتم خلط ناتج الماء المقطر مع مياه الآبار قليلة الملوحة لإنتاج مياه عذبة صالحة للشرب.

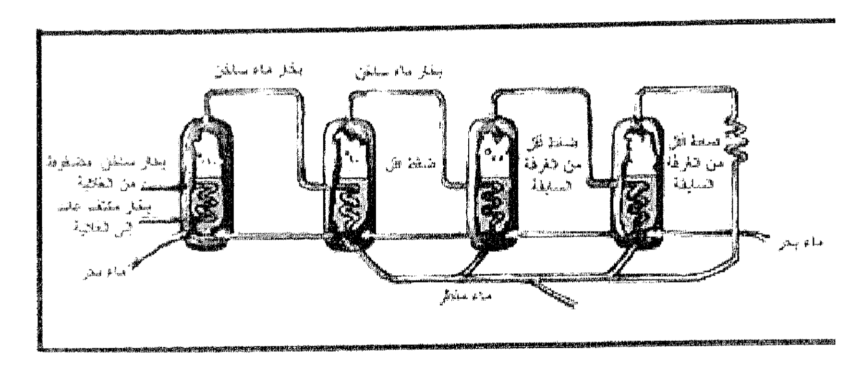
إذن يتبين لنا مما سبق أن طريقة التقطير الومضي المتعدد المراحل تحتاج إلى شيئين مهمين لكي تعمل أولهما الطاقة الحرارية اللازمة لإنتاج بخار التسخين وتحتاج أيضاً إلى الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل مضخات المياه وأجهزة التحكم وكل المعدات اللازمة لخلط ومعالجة المياه.

3. التقطير بمتعدد المراحل (متعدد التأثير): [123]

تقوم المقطرات المتعددة التأثيرات بالاستفادة من الأبخرة المتصاعدة من المبخر الأول للتكثف في المبخر الثاني. وعليه، تستخدم حرارة التكثف في غلي ماء البحر في المبخر الثاني، وبالتالي فإن المبخر الثاني يعمل كمكثف للأبخرة القادمة من المبخر الأول، وتصبح هذه الأبخرة في المبخر الثاني مثل مهمة بخار التسخين في المبخر الأول. وبالمثل، فإن المبخر الثالث يعمل كمكثف للمبخر الثاني وهكذا ويسمى كل مبخر في تلك السلسلة بالتأثير.

---

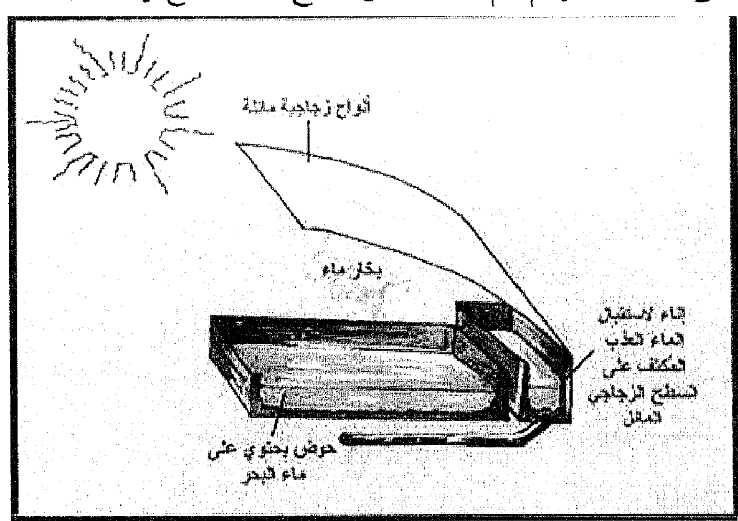
[123] aalhameed1.net



الشكل رقم (21): التقطير متعدد المراحل

4. التقطير باستخدام الطاقة الشمسية:[124]

تعتمد هذه الطريقة على الاستفادة من الطاقة الشمسية في تسخين مياه البحر حتى درجة التبخر ثم يتم تكثيفها على أسطح باردة وتجمع في مواسير.



الشكل رقم (22): التقطير الشمسي

[124] env-gro.com

5. التقطير بطريقة البخار المضغوط:[125]

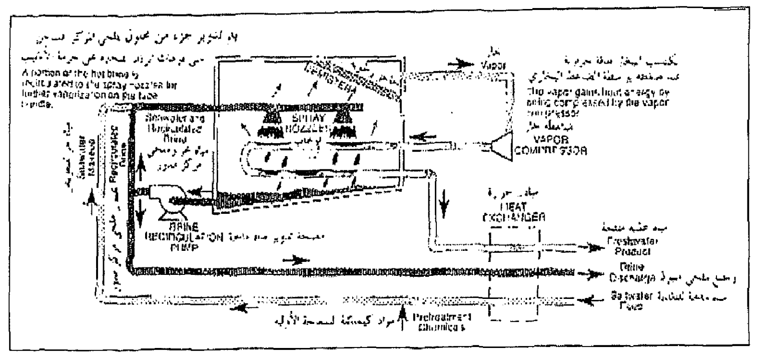
بينما تستخدم وحدات التقطير متعدد التأثير والتبخير الفجائي مصدر بخار خارجي للتسخين كمصدر أساسي للحرارة، فإن التقطير بانضغاط البخار والذي يختصر عادة إلى التقطير بالانضغاط يستخدم بخاره الخاص كمصدر حراري بعدما يضغط هذا البخار. وفي هذه الطريقة، يمكن الحصول على اقتصادية عالية للطاقة. ولكن، من الضروري الحصول على الطاقة الميكانيكية باستخدام ضاغط (أو أي شكل للطاقة المستفادة بأجهزة أخرى مثل ضاغط الطارد البخاري compressor steam-ejector).

يسخن ماء البحر مبدئياً في مبادل حراري أنبوبي مستخدماً كلاً من الماء المالح والماء المطرود والماء العذب الخارجي من الوحدة ثم يغلى ماء البحر داخل أنابيب المقطر. وتضغط الأبخرة، ثم ترجع إلى المقطر حيث تتكثف خارج الأنابيب مما يوفر الحرارة اللازمة لعملية الغليان. وتسحب الغازات غير القابلة للتكثيف من حيز البخار والتكثيف بوساطة مضخة سحب أو طارد بخاري أيهما يلائم.

ويعتبر الضاغط هو قلب وحدة التقطير. فإذا لم تضغط الأبخرة فإنه لا يمكنها التكثف على الأنابيب الحاملة لماء البحر المغلي لأن درجة حرارة تكثيف البخار النقي عند ضغط معين تقل عن درجة حرارة غليان الماء المالح عند هذا الضغط. فمثلاً، إذا كان ضغط البخار 1 ضغط جوي، فإن بخار الماء يتكثف عند درجة 100 درجة مئوية، ولكن ماء البحر بتركيز مضاعف يغلي عند حوالي 101درجة مئوية. وحتى يتسنى للأبخرة التكثف عند درجة حرارة 101درجة مئوية، فإنه يلزم على الأقل لهذه الأبخرة أن تضغط إلى ضغط 1.03 ضغط جوي.

---

[125] طرق تحلية المياه المالحة، http://www.khayma.com



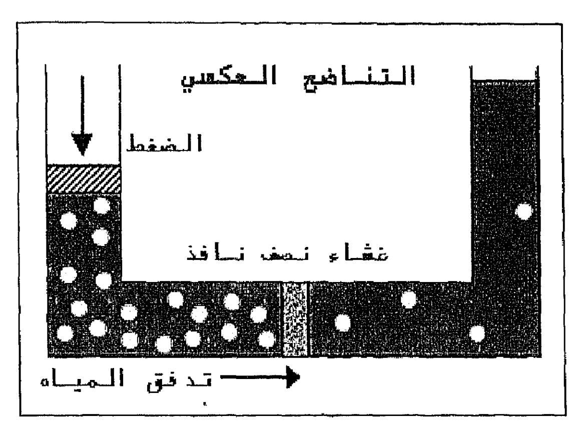
الشكل رقم (23): التبخير بطريقة البخار المضغوط

ثانياً: التحلية باستخدام طرق الأغشية

- التناضح العكسي:

تعتبر عملية التناضح العكسي حديثة بالمقارنة مع عمليتي التقطير والديلزة حيث تم تقديمها تجارياً خلال السبعينات. وتعرف عملية التناضح العكسي على أنها فصل الماء عن محلول ملحي مضغوط من خلال غشاء. ولا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغيير في الشكل.

ومن الناحية التطبيقية يتم ضخ مياه التغذية في وعاء مغلق حيث يضغط على الغشاء، وعندما يمر جزء من الماء عبر الغشاء تزداد محتويات الماء المتبقي من الملح. وفي نفس الوقت فإن جزءاً من مياه التغذية يتم التخلص منه دون أن يمر عبر الغشاء. وبدون هذا التخلص فإن الازدياد المطرد للملوحة مياه التغذية يتسبب في مشاكل كثيرة، مثل زيادة الملوحة والترسبات وزيادة الضغط الأسموزي عبر الأغشية. وتتراوح كمية المياه المتخلص منها بهذه الطريقة ما بين 20 إلى 70٪ من التغذية اعتماداً على كمية الأملاح الموجودة فيها.



الشكل رقم (24): التناضح العكسي[126]

ومن محاسن التناضح العكسي:

1. تحلية الماء المالح بفصل المواد الصلبة الذائبة.
2. تقلل من درجة تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية للماء الخام بنسبة إزالة تصل إلى 99٪.
3. تتخلص من المواد الحيوية والمواد الغروانية من الماء بنسبة إزالة تصل إلى 98٪.
4. إزالة الخلايا الميكروبية من بكتيريا وفيروسات وغيرها بنسبة إزالة كلية
5. إزالة معظم المواد الصلبة العضوية بنسبة إزالة قد تصلإلى 97٪.

ولرفع كفاءة عملية التحلية بالتناضح العكسي فلابد من ممارسة تهيئة أو معالجة مسبقة PRETREATMENT تضم إزالة العكارة للتخلص من المواد الصلبة العالقة والحديد والمنغنيز لمنع تأكسدها، وإزالة المواد التي تساعد على تكوين ترسبات كربونات الكالسيوم وغيرها من الترسبات على سطح الغشاء، وهنا يتم

[126] http://forum.arabsbook.com

إضافة حمض لتحقيق منع الترسب، ولرفع كفاءة عملية التناضح العكسي لا بد من الاختيار الجيد للغشاء المناسب طبقاً للخواص التالية:

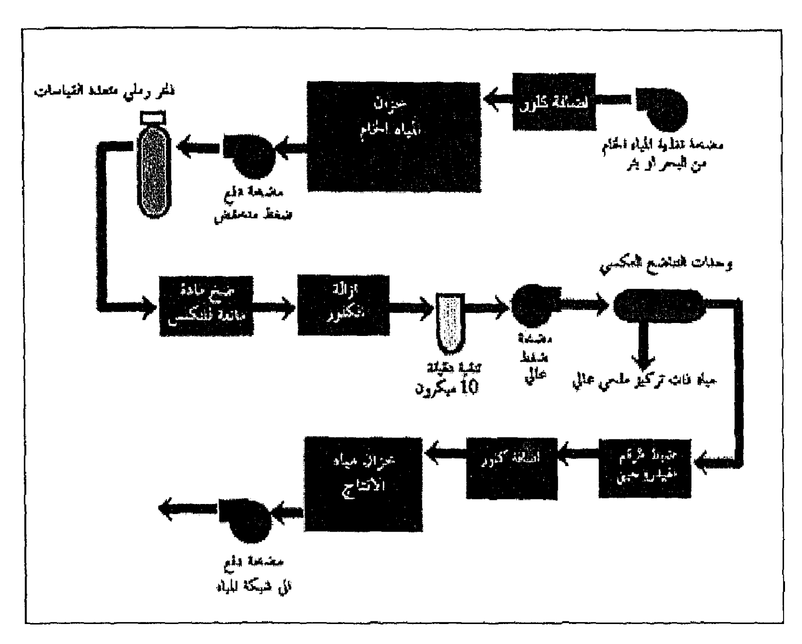
1. يحتوي الغشاء على درجة عالية للأملاح.
2. لا بد من وجود فيض الماء المناسب لإتمام الانسياب.
3. لا بد أن يكون الغشاء سهل التشييد في وحدات الفرز الغشائي.
4. لا بد أن يتحمل الغشاء الضغط الواقع عليه.
5. لا بد أن تكون للغشاء متانة ميكانيكية جيدة.
6. لا بد أن يعيش الغشاء لفترة مناسبة.
7. لا بد أن يحتوي الغشاء على مدى تشغيلي كبير للأيونات الموجودة في الماء الخام والضغط ودرجة الحرارة ومقاومة التفاعلات الكيميائية والحيوية ويمكن أن يعمل في ظروف مختلفة.
8. لا بد أن يكون سعر الغشاء مناسب ورخيص.
9. لا بد أن يأتي الغشاء بمشاكل التآكل والرائحة وتسهل نظافته[127].

ويتكون نظام التناضح العكسي من الآتي:[128]

- معالجة أولية.
- مضخة ذات ضغط عال.
- مجمع أغشية.
- معالجة نهائية (أخيرة).

[127] مفتاح سريح، تحلية المياه المالحة، ص7-8

[128] طرق تحلية المياه المالحة، http://www.khayma.com



الشكل رقم (25): المراحل الأساسية التي تمر بها عملية المعالجة بالتناضح العكسي[129]

والمعالجة الأولية مهمة لأن مياه التغذية يجب أن تمر عبر ممرات ضيقة أثناء العملية، كذلك يجب إزالة العوالق ومنع ترسب الكائنات الحية ونموها على الأغشية. وتشمل المعالجة الكيمائية التصفية وإضافة حامض أو مواد كيميائية أخرى لمنع الترسيب.

والمضخة ذات الضغط العالي توفر الضغط اللازم لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح. وهذا الضغط يتراوح ما بين 17 إلى 27 بارا (250 –400 رطل على البوصة المربعة) لمياه الآبار و 45 إلى 80 بارا (800 – 1180 رطل على البوصة المربعة) لمياه البحر.

[129] http://forum.arabsbook.com

ويتكون مجمع الأغشية من وعاء ضغط وغشاء يسمح بضغط الماء عليه كما يتحمل الغشاء فارق الضغط فيه. والأغشية نصف المنفذه قابلة للتكسر وتختلف في مقدرتها على مرور الماء العذب وحجز الأملاح. وليس هناك غشاء محكم إحكاماً كاملاً في طرد الأملاح، ولذلك توجد بعض الأملاح في المياه المنتجة.

وتصنع أغشية التناضح العكسي من أنماط مختلفة. وهناك اثنان ناجحان تجارياً وهما اللوح الحلزوني والألياف/ الشعيرات الدقيقة المجوفة. ويستخدم هذين النوعين لتحلية كل من مياه الآبار ومياه البحر على الرغم من اختلاف تكوين الغشاء الإنشائي ووعاء الضغط اعتماداً على المصنع وملوحة الماء المراد تحليته.

أما المعالجة النهائية فهي للمحافظة على خصائص الماء وإعداده للتوزيع. وربما شملت هذه المعالجة إزالة الغازات مثل سلفايد الهيدروجين وتعديل درجة القلوية.

وهناك تطوران ساعدا على تخفيض تكلفة تشغيل محطات التناضح العكسي أثناء العقد الماضي، هما: تطوير الغشاء الذي يمكن تشغيله بكفاءة عند ضغوط منخفضة، وعملية استخدام وسائل استرجاع الطاقة. وتستخدم الأغشية ذات الضغط المنخفض في تحلية مياه الآبار على نطاق واسع.

وتتصل وسائل استرجاع الطاقة بالتدفق المركز لدى خروجه من وعاء الضغط. ويفقد الماء أثناء تدفقه المركز من 1 إلى 4 بارات (15 – 60 رطل على البوصة المربعة) من الضغط الخارج من مضخة الضغط العالي، ووسائل استرجاع الطاقة هذه ميكانيكية وتتكون عموماً من توربينات أو مضخات من النوع الذي بوسعه تحويل فارق الضغط إلى طاقة محركة.

1. طريقة التبخر المضغوط:

عندما نسخن الماء المالح حتى درجة الغليان يتبخر الماء ويبقى الملح في الوعاء. درجة غليان الماء تتعلق بالضغط وبدرجة الحرارة. على مستوى سطح البحر يغلي الماء بدرجة حرارة 100 درجة مئوية. إذا تسلقنا جبلا عاليًا، ينخفض

ضغط الهواء ولذلك يغلي الماء بدرجة حرارة أقل من 100 مئوية. لذلك ممكن الحصول على بخار ماء بطريقتين: بواسطة تسخين الماء، أو بواسطة تقليل ضغط محيط الماء. ممكن الدمج بين هاتين الطريقتين بما يسمى طريقة التبخير المضغوط. في هذه الطريقة تمر المياه المالحة في عدة خلايا. في الخلية الأولى يسود ضغط أقل بقليل من الضغط الخارجي ويسخن الماء قليلاً. نتيجة لذلك يتبخر جزء من الماء. بقية الماء المالحة تنقل إلى الخلية الثانية، حيث تعاد العملية مرة أخرى بضغط أقل وبدرجة حرارة أعلى مما في الخلية الأولى. وتتم هذه العملية أيضًا في باقي الخلايا. يتم تجميع بخار الماء في جميع الخلايا بواسطة تبريده فوق أنابيب المياه الباردة. من كل 3.5 لتر ماء مالح نحصل على لتر مياه محلاة. بسبب تسخين الماء نحن بحاجة إلى الطاقة ولذلك تكاليف هذه الطريقة باهظة. ممكن تخفيض التكاليف عن طريق استعمال المياه المستعملة لتبريد الطوربينات في محطات توليد الطاقة.

2. الأسموزة العكسية:

عملية الأسموزا هي انتقال الماء من وعاء فيه تركيز الأملاح منخفض إلى وعاء فيه تركيز الأملاح مرتفع عبر غشاء شبه نفاذ يفصل بين الوعائين. لتحلية المياه المالحة قاموا باستعمال هذا المبدأ ولكن بطريقة عكسية. يضعون الماء المالح في وعاء يحتوي على غشاء شبه نفاذ يسمح بمرور الماء، ثم يقومون بإشغال ضغط على هذا الوعاء حيث ينتقل الماء نتيجة هذا الضغط من تركيز الأملاح المرتفع إلى المنخفض. استعمال مبدأ الأسموزة ولكن انتقال الماء يتم بطريقة عكسية أدى إلى تسمية هذه الطريقة بالأسموزة العكسية. كما ذكرنا يجب تشغيل ضغط لانتقال الماء، وهذا يتم باستعمال طاقة ولذلك هذه الطريقة تستعمل خاصّة في البلدان حيث تتوفر الطاقة مثل دول الخليج وهي تعتبر طريقة مكلفة.

3. الديلزة الكهربائية: [130]

عُرفت الديلزة الكهربائية تجارياً منذ الستينات ، أي عشر سنوات قبل التناضح العكسي. أسلوب تكلفة فعال لتحلية مياه الآبار المالحة وفسح المجال للاهتمام في هذا الشأن.

وتعتمد تقنية الديلزة الكهربائية على الأسس العامة التالية.

1. أغلب الأملاح الذائبة في الماء متأينة إيجابياً (Cathodic) أو سلبياً (Ionic) هذه الأيونات تنجذب نحو القطب الكهربائي حسبما تحمله من شحنة كهربائية (Electric charge).
2. يمكن إنشاء أغشية تسمح انتقائياً بمرور الأيونات حسب شحنتها الكهربائية (سالبة أو موجبة).

إن محتويات الأيونات الذائبة في المحلول الملحي مثل الصوديوم (+) الكلورايد (-) الكالسيوم (++) والكربونات (--) تظل منتشرة في الماء لتتولى معادلة شحناتها الخاصة. وعند توصيل الأقطاب الكهربائية إلى مصدر تيار خارجي، مثل البطارية المتصلة بالماء، فإن الأيونات تتجه نحو الشحنات المعاكسة لشحناتها والموجودة في المحلول، وذلك من خلال التيار الكهربائي الساري في المحلول سعياً وراء التحييد (Neutralization) ولتتم تحلية المياه المالحة من خلال هذه الظواهر فإن الأغشية التي تسمح بمرور أيونات من نوع واحد فقط (وليس النوعين) توضع بين قطبين كهربائيين، على أن يتم وضع هذه الأغشية بطريقة متعاقبة، أي غشاء واحد لانتقاء الأيونات ذات الشحنة الموجبة السالبة، مع وضع لوح فاصل بين كل غشاءين يسمح بانسياب الماء بينهما ويشكل أحد اللوحين الفاصلين قناة تحمل مياه التغذية والمياه المنتجة، بينهما يشكل اللوح الفاصل الآخر قناة تحمل مياه الترجيع. وحيث أن الأقطاب الكهربائية

---

[130] طرق تحلية المياه المالحة، /imad1990.jeeran.com

مشحونة وتناسب مياه التغذية المالحة عبر اللوح الفاصل بزاوية مستقيمة على القطب، فإن الأيونات تنجذب وتتجه القطب الإيجابي. وهذا يؤدي تركيز أملاح قناة الماء المنتج. وتمر الأيونات ذات الشحنة السالبة خلال الغشاء الانتقائي لها ولكنها لا تستطيع أن تمر خلال الغشاء الخاص بالأيونات الموجبة والذي يقفل خطها وتبقي للأيونات السالبة في الماء المالح (الرجيع). وبالمثل فإن الأيونات الموجبة تحت تأثير القطب السلبي تتحرك في الاتجاه المعاكس من خلال الغشاء المنتقي للأيونات الموجبة إلى القناة ذات الماء المركز في الجانب الآخر، وهنا يتم اصطياد الأيونات الموجبة حيث أن الغشاء التالي ينتقي الأيونات السالبة ويمنع أي تحرك نحو القطب. وبهذا الأسلوب يتم إيجاد محلولين أحدهما مُركز والآخر قليل التركيز بين الغشاءين المتعاقبين المتجاورين. وهذان الفراغان المحتويان من قبل الغشاءين (واحد للأيونات السالبة ولآخر للموجبة) يسميان خلية. ويتكون زوج الخلية من خليتين حيث يهاجر من إحداهما الأيونات (الخلية المخففة للمياه المنتجة) وفي الأخرى تتركز الأيونات (الخلية المركزة لمياه الرجيع).

وتتكون وحدة الديلزة الكهربائية من عدة مئات من أزواج الخلايا مربوطة مع بعضها البعض بأقطاب كهربائية تسمى مجمع الأغشية. وتمر مياه التغذية متحاذية في آن واحد عبر ممرات من خلال الخلايا لتوفير انسياب المياه المنتجة المحلاة كما يمر الماء المركز من المجمع.

واستناداً على تصميم النظام فإنه يمكن إضافة المواد الكيمائية في المجمع لتخفيف الجهد الكهربائي ومنع تكوين القشور.

وتتكون وحدة الديلزة الكهربائية من العناصر الأساسية التالية:

1. مرفق المعالجة الأولية.
2. مجمع الأغشية.

3. مضخة تدوير ذات ضغط منخفض.
4. إمداد طاقة للتيار المباشر (مقوم).
5. معالجة نهائية.

أحرزت تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي قبولاً مطرداً كطريقة اقتصادية معتمدة، وكأفضل نظام مكمل وبديل لتقنيات التحلية الحرارية (التبخير الوميضي متعدد المراحل والتبخير متعدد المؤثرات) وذلك بسبب[131]:

1. تدني استهلاك الطاقة بالمقارنة مع أغلب نظم التقطير، وذلك نظراً لعدم وجود تغيير في الصورة الفيزيائية للماء. أما متطلبات طريقة التناضح العكسي من الطاقة، فهي تتراوح بين 8 - 6 كيلو للساعة/ ألف غالون من الماء العذب المنتج من مياه قليلة الملوحة. وتتراوح هذه النسبة في حالة تحلية مياه البحر بين 40 - 35 كيلو للساعة/ ألف غالون من الماء العذب، ويمكن خفض مقدار الطاقة المستهلكة بتركيب جهاز لاسترجاع الطاقة المهدورة في ماء تدفق المحلول الملحي المركز الناتج عن التحلية، والذي يتراوح ضغطه ما بين 950 - 750 رطلاً على البوصة المربعة. ويبلغ استهلاك طريقة التحلية بالتناضح العكسي من الطاقة ثلث إلى نصف ما هو عليه في حالة التقطير الوميضي متعدد المراحل، وفضلاً عن ذلك فإن التناصح العكسي يحتاج إلى ثلث ما يحتاجه التقطير الوميضي من مياه التغذية لإنتاج نفس الكمية من الماء العذب. وبالطبع ينعكس ذلك على الطاقة اللازمة لتشغيل المضخات وحجمها وتصميم مآخذ المياه.
2. تدني المساحة التي يشغلها بالمقارنة بنظم التحلية الأخرى.
3. انخفاض معدل حدوث الترسبات والتآكل فيه بالمقارنة بنظم التحلية الأخرى.

---

[131] http://forum.arabsbook.com

4. مدة انجاز مشاريع التناضح العكسي أقل مما هي الحال عليه بالنسبة لوحدات التقطير.
5. قلة تكلفة معظم مكونات النظام لكونها بلاستيكية الصنع.
6. سهولة تجميع وتشغيل وصيانة النظام وذلك لتكونه من وحدات قائمة بذاتها.

التجميد المباشر والتجميد غير المباشر[132]

التجميد المباشر

يعرفْ بعملية زارشين (Zarchin process) أيضاً يعرف بعملية التفريغ والتبخير الفجائي Vacuum-flash process. ولقد تم إجراء الكثير من التعديلات على هذه الطريقة بشركة كولت إندستريز ColtIndustries بمدينة بلويت بولاية ويسكونسون الأمريكية. وفي هذه العملية، يدخل ماء البحر بعد تبريده في المبادل الحراري إلى برج التجميد المبلور حيث يكون الضغط داخل البرج ما بين 3 و 4مم زئبق (حوالي 0.005 ضغط جوي) مما يسبب التبخير الفجائي لجزء من ماء البحر. وتسحب الحرارة اللازمة للتبخير من الجزء المتبقي من ماء البحر، مما يسبب هذا الجزء (درجة التجميد حوالي-1.9درجة مئوية لماء البحر النقي وحوالي 3.8 درجة مئوية لماء البحر ذي التركيز ضعف التركيز العادي). وتعطى المجمدات الحديثة معدلات بلورة في حدود من 1 إلى 1,5 طن من الثلج لكل ساعة ولكل متر مكعب من حجم المبلور.

ومن دراسة احتياجات الطاقة الحرارية، يتضح أن إزالة ملوحة المياه بالتجميد تحتاج إلى حوالي 80 سعراً حرارياً لإنتاج كيلو جرام واحد من الثلج، بينما تحتاج إزالة ملوحة المياه بالتبخير إلى حوالي600 سعر حراري لإنتاج كيلو غرام واحد من البخار. وعليه، فإن الحرارة المستخدمة لإنتاج كيلو غرام واحد من البخار تكفي

[132] طرق تحلية المياه المالحة، http://www.khayma.com

لإنتاج 7.5كيلو غرام من الثلج. ولكن يراعى في حالة الإعذاب بالتجميد ضرورة غسل الثلج الناتج للتخلص من الأملاح الدقيقة المصحوبة مع البلورات، والتي قد تمثل 50٪ من وزن البلورات.

وتعتبر طريقة غسل الثلج بتمريرة عكس تيار من ماء الغسيل يسري إلى أسفل، من أكفأ الطرق لغسل البلورات من الملح إذ تفقد كمية محدودة جداً من المياه العذبة أثناء عملية الغسيل. ويوجد حالياً أعمدة غسيل ذات كفاءه عالية وحجم صغير، حيث تتم عملية الغسيل في عمود ذي ضغط عال نسبياً ومغمور كلياً بالسائل. ويتم سريسان كل من الماء الملح المركز والماء العذب خلال مبادل حراري لتبريد ماء البحر مبدئياً.

التجميد غير المباشر

تستخدم هذه الطريقة مبرداً ذا ضغط جزئي أعلى بكثير من الضغط الجزئي للماء حتى يمكن التغلب على العيوب الناتجة من انخفاض الضغط الجزئي للماء عند درجة التجمد، مما يسبب انخفاض كثافة بخار الماء، وبالتالي يزداد حجم البخار الذي يلزم إزاحته، هذا بالإضافة إلى الحاجة إلى جهاز محكم للتفريغ. وبالطبع، يجب أن يختار المبرد بحيث لا يكون ذائباً في الماء حتى تسهل عملية الفصل. وتتوافر هذه الصفات في مبردات مختلفة تستعمل في هذا المجال مثل البيوتان والمواد العضوية المفلورة fluorinated organics، مثل فريون. وتبلغ درجة حرارة غليان البيوتان عند الضغط الجوي-0.5 درجة مئوية مما يجعلها قريبة جداً من درجة حرارة تجمد الماء. ويدخل كل من سائل البيوتان وماء التغذية إلى المجمد، حيث الضغط أقل بقليل من الضغط الجوي، مما يسبب غليان البيوتان بعد أن يأخذ الحرارة اللازمة للتبخير من الماء بتحويلة إلى ثلج. ويتكون 1.15 طن من الثلج بتبخير طن واحد من البيوتان (الحرارة اللازمة لتبخير البيوتان عند درجة -3 مئوية حوالي 91 سعر/كغم). ويتم غسل مزيج الثلج والماء الملح بكمية صغيرة

من تيار معاكس من الماء العذب، بينما يذهب معظم بخار البيوتان إلى الضاغط رقم 1 حيث يضغط الى ضغط أعلى من الضغط الجوي بقليل. وفي المصهر، يتم التلامس ما بين البيوتان من الضاغط والثلج، مما يسبب انصهار الثلج مع تكثف بخار البيوتان إلى سائل البيوتان، ثم يتم فصل الماء عن البيوتان في المصفق decanter نتيجة لاختلاف الكثافة (1 و 0.6 على التوالي). ويتم إرجاع سائل البيوتان إلى المجمد، بينما يخرج الماء العذب من وحدة إزالة الملوحة بعد استخدامه لتبريد ماء البحر في مبادل حراري. وتستخدم عملية الفريون 114 طريقة الانصهار غير المباشر بدلاً من الانصهار بالتلامس المباشر (التي يستخدمها البيوتان) مما يقلل تلوث الثلج المذاب بسائل التبريد. ويمر جزء صغير من بخار البيوتان إلى الضاغط رقم 2 حيث يضغط إلى ضغط أعلى من الضغط الناتج من الضاغط رقم 1. ويمرر البخار الناتج من الضاغط رقم 2 إلى مكثف بالمياه حيث يتكثف بخار البيوتان إلى سائل ويعود إلى المجمد. وتعتبر هذه الدورة الإضافية للبيوتان بمثابة التبريد المساعد اللازم لتعويض الحرارة المتسربة إلى وحدة إزالة الملوحة حتى يمكن المحافظة على درجات حرارة باردة متواصلة.

لتحلية المياه المالحة أفضليات وصعوبات عدة منها:

1. الأفضلية الأساسية هي إمكانية استعمال مياه البحر التي كميتها غير محدودة.
2. الصعوبة في التكاليف الباهضة لإقامة مصانع التحلية.
3. صعوبة أخرى في الحصول على الطاقة اللازمة لهذه العملية مما يزيد من سعر المياه المحلاة.
4. مشكلة أخرى تتعلق بإيجاد أماكن مناسبة لإقامة مصانع التحلية، حيث يجب أن تكون بالقرب من شواطئ البحر ولكن غالبًا تكون لهذه الشواطئ استعمالات أخرى.

تحلية المياه في الوطن العربي[133]

لم تكن عملية الحصول على المياه العذبة من المياه المالحة بواسطة التحلية بحديثه على المجتمعات البشرية، فهناك من الشواهد أن الإنسان قديماً قام بمحاولات ناجحة في هذا المجال. وفي العصر الحديث وعلى الأخص في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر كان الحصول على المياه العذبة عن طريق تحلية مياه البحر على ظهر السفن أمراً شائعاً باستخدام أسلوب الأنابيب المغمورة وأسلوب التبخير متعدد التأثير. كما وجدت عدة حالات جرى فيها إنتاج المياه المحلاة على نطاق محدود على اليابسة بهدف الشرب منذ أواخر القرن التاسع عشر في مصر وعدن وتشيلي وفلوريدا وغيرها.

أما في دول الخليج العربي فقد كان أول استخدام للتحلية لانتاج مياه الشرب في عام 1907م في مدينة جدة. حيث قامت شركة هولندية بتركيب مقطرتين أطلق عليها السكان اسم كنداسة وهو على ما يبدو تحوير للاسم باللغة الإنجليزية Condenser أي مكثف.

وفي عام 1928 م وبأمر من المغفور له الملك عبدالعزيز آل سعود تم استبدالهما بوحدتين جديدتين عرفتا أيضاً بالكنداسة وتعملان بأسلوب الأنابيب المغمورة Submerged Tube وبسعة كلية بلغت 135 متر مكعب في اليوم قامت بإنشائها

شركة ويير وستجارث Weir Westgarth الإسكتلندية.

وتزامن في عام 1953م قيام كل من دولة قطر ودولة الكويت بإنشاء عدد من الوحدات تعمل بأسلوب الأنابيب المغمورة الشائعة آنذاك. ففي دولة قطر تم إنشاء خمس وحدات بسعة كلية بلغت 682 متر مكعب في اليوم. وفي دولة الكويت تم إنشاء عشر وحدات بسعة كلية 4545.5 متر مكعب في اليوم.

---

[133] تحلية المياه المالحة، مجلس التعاون لدول الخليج العربية الأمانة العامة، 2010

إن العصر الحقيقي للتحلية كمصدر للمياه العذبة قد بدأ مع بروز تقنية التبخير الومضي، والتي جرى استخدامها لأول مرة في المنطقة في دولة الكويت، حيث تم الاعتماد عليها بشكل علمي مدروس في جميع دول المجلس. ففي عام 1957م ونظراً لإختلاف الظروف في دول مجلس التعاون وتواجد تجمعات سكانية صغيرة في مناطق بعيدة عن البحر أو وجود جزر ذات أهمية للدولة فقد ساعد إبتكار التقنيات الجديدة وتحسين التقنيات القديمة دول المجلس على توفير المياه للمناطق النائية والتجمعات السكانية الصغيرة. والتقنيات الجديدة التي تم إدخالها إلى المنطقة هي التناضح العكسي والتبخير متعدد التأثير والتضاغط البخاري والديلزة.

لقد بدأ أول استخدام للتناضح العكسي في دول المجلس في المملكة العربية السعودية وكان ذلك في عام 1968م بإنشاء ثلاث محطات هي منفوحة والشميسي والملز. وقد كانت هذه المحطات تعمل على تحلية المياه الجوفية المالحة.

إن معظم محطات التناضح العكسي في دول المجلس تقع في الإمارات العربية المتحدة وفي المملكة العربية السعودية وفي سلطنة عمان حيث تتميز هذه المحطات بتفاوت سعاتها الإنتاجية وتعمل على تحلية المياه الجوفية شديدة الملوحة ومياه البحر وهو كما يظهر الخيار الأمثل لتوفير مياه الشرب للقرى الصغيرة أو النائية. أما كبرى محطات التناضح العكسي ذات سعات تتجاوز عشرة ملايين جالون في اليوم فتوجد في دولة الإمارات العربية المتحدة وفي مملكة البحرين وفي المملكة العربية السعودية.

وفيما يخص تقنية التبخير متعدد التأثير MED وتقنية التضاغط البخاري VC فإن استخدامها في دول المجلس لم يشهد ذات الانتشار الذي شهدته التقنية الحرارية الأخرى ونعنى التبخير الومضي متعدد المراحل MSF. ونسجل هنا لدولة الإمارات العربية المتحدة أنها أول من أدخل التحلية بواسطة التبخيرمتعدد التأثير

إلى دول المجلس وكان ذلك في عام 1977م في محطة "جزيرة أبوموسى" بسعة 91 متر مكعب في اليوم.

وقد قامت سلطنة عمان باستخدام تقنية التضاغط البخاري VC في عام 1979م في محطة "شيصه" بسعة 100 متر مكعب في اليوم، وتبعتها مملكة البحرين بإنشاء محطة "حوار" بسعة 144 متر مكعب في اليوم في عام 1985م.

أما التقنية الأخرى المرتبطة بالأغشية وهي تقنية التحلية بواسطة الفرز الغشائي الديلزة Electrodialysis/ED فإن هناك تجربة وحيدة لها في دول المجلس في سلطنة عمان في محطة "ليما" والتي أنشئت في عام 1983 م بسعة إنتاجية 100 متر مكعب في اليوم.

جدول رقم (10): تاريخ دخول تقنيات التحلية المختلفة إلى دول مجلس التعاون الخليجي

التقنية	السنة	المحطة	الدولة
ومضي متعدد المراحل	١٩٦٠	الشويخ	الكويت
تناضح عكسي	١٩٦٨	منفوحة 2 والشميسي والملز	المملكة العربية السعودية
التبخير متعدد التأثير	١٩٧٧	جزيرة ابوموسى	الامارات العربية المتحدة
التضاغط البخاري	١٩٧٩	شيصه (ميكو)	سلطنة عمان
الديلزة الكهربائية	١٩٨٣	ليما	سلطنة عمان

جدول رقم (11): أنواع تقنيات التحلية المستخدمة في دول مجلس التعاون الخليجي وتاريخ استخدامها

الدولة	ومضي متعدد المراحل	تناضح عكسي	تضاغط بخاري	تبخير متعدد التأثير	ديلزة
الامارات العربية المتحدة	١٩٧٧	١٩٧٧	-	١٩٧٧	-
مملكة البحرين	١٩٧٥	١٩٨٤	١٩٨٥	٢٠٠٤	-
المملكة العربية السعودية	١٩٦٧	١٩٦٨	-	١٩٨١	-
سلطنة عمان	١٩٧٦	١٩٨٢	١٩٧٩	-	١٩٨٣
قطر	١٩٦٢	١٩٨٢	-	١٩٩٦	-
الكويت	١٩٦٠	١٩٨٧	-	-	-

حصاد المياه

على اعتبار أن حصاد المياه يعد تقليداً قديماً تم استخدامه منذ آلاف السنين في معظم الأراضي الجافة من العالم، إلا أن ثمة تقنيات كثيرة قد جرى تطويرها، معظمها لأغراض الري، بينما طورت تقنيات أخرى من أجل حفظ المياه ليصار إلى استهلاكها من قبل الإنسان والحيوان. وقد تختلف تسميات هذه التقنيات أحياناً تبعاً للمنطقة، في حين يأخذ بعضها الاسم ذاته، مع أنها مختلفة تماماً من الناحية العملية. وتصنف أساليب حصاد المياه بطرائق متعددة، معظمها يعتمد على نمط

استخدام المياه أو تخزينها، غير أن أكثر التصنيفات شيوعاً في الاستخدام هو ذلك الذي يعتمد على حجم المستجمع[134].

يقصد بحصاد المياه تجميع مياه الامطارمن سطح ما وتخزينها لتوفر مصدر إمداد بالمياه. وكلمة حصاد هي ترجمة حرفية للكلمة الانكليزية (Harvest) والتي قد لاتعبر تماماً عن المعنى ورغم ذلك فهي أكثر انتشاراً من مصطلح تجميع الأمطار. ويستخدم مصطلح حصاد المياه لتميزه عن الجريان السطحي الطبيعي لمياه ألانهار الدائمة التي يجري التحكم بها بواسطة السدود والخزانات.

ومياه الأمطار التي يتم تجميعها من سفوح الجبال والتلال أو الأحواض المائية بفعل الطبيعة أو الإنسان مكنها أن توفر مصادر مياه جديدة رخصية الثمن وذات المواصفات جيدة للأراضي الجافة وشبة الجافة، التي غالباً ما تهطل عليها الأمطار خلال أشهر قليلة في السنة. وان استثمار مياهها استثمار أمثل يشكل أهمية كبرى تفوق مثيلتها في المناطق الرطبة أو شبة الرطبة .

وتزاد أهمية حصاد مياه الأمطار في المناطق التي ينعدم أويقل فيها توفر مصادر أخرى للمياه كالمياه الجوفية أو المياه المعالجة أو يصعب نقل المياه إليها لأي سبب. ومن هنا تكتسب عمليات حصاد مياه الأمطار أهمية كبرى. حيث تصبح في هذه الحالة الوسلية الأساسية لتأمين حياة الإنسان والحيوان على السواء. ورغم ارتباط عمليات حصاد المياه ببعض العوامل الرئيسية التي لا يمكن التحكم فيها كالظروف المناخية والتوعية المائية، إلا أن الاستثمار الأمثل للكميات المتوفرة من الأمطار يؤمن مصادر أساسية في بعض الأحيان تستحق الاهتمام. فعلى سبيل المثال هطول (5) ملم من الأمطار على هكتار من الأرض يساوي (50.000) لتر من المياه، وهي كمية جيدة تكفي لسد الاحتياجات المائية لأسرة مكونة من بضعة أشخاص

---

[134] www.waterexperts.su

لفترة سنة كاملة في المناطق الريفيه القاحلة.

ومن البحوث المتعلقة بحصاد المياه والتي أجريت يتضح أنه يمكن الاستفاده من مياه الأمطار ذات المعدلات السنوية المتدنية التي تصل إلى (80) ملم في السنة. أما إذا تدنى هطول الامطار عن هذه الكمية بصورة أكثر فإن عمليات حصاد الأمطار تكون مكلفة وغير ذات جدوى اقتصادية.

إذن، يعرف مصطلح حصاد المياه على أنه عملية تجميع وتخزين مياه الجريان السطحية الناتج عن هطول الأمطار للاستفادة منها في أغراض الزراعة وإثراء الغطاء النباتي وتغذية الحوض الجوفي وتوفير مياه الشرب للإنسان والحيوان.[135]

أهداف حصاد المياه[136]

تلعب تقنيات حصاد المياه دوراً هاماً في التنمية من الموارد المائية وتعد من أنجع السبل في تحقيق مجموعة من الأهداف منها:

1. تدعيم الأمن المائي.
2. الحماية من السيول والفيضانات
3. تقليل الأمراض والأوبئة وتحسين الظروف الصحية.
4. تكثيف وتنويع الزراعة.
5. زيادة الإنتاج والإنتاجية في مناطق الزراعة التقليدية.
6. تنمية الثروة الحيوانية والغابية.
7. الإستغلال الكفؤ والمرشد للموارد الطبيعية خاصة موردي المياه والأرض.
8. زيادة الإقتصاد الكلي.

---

[135] الحصاد المائي، http://www.mowr.gov.iq:81

[136] حصاد المياه في السودان، /http://www.dallawat.com

9. تطوير المناطق الريفية وخلق فرص عمل إضافية لمواطني الريف للإستقرار بمناطقهم.

10. محاربة الفقر والجوع والبطالة.

11. زيادة الدخل ورفـع مستوى المعيشــة.

12. تشجيع الإستثمارات في تقانة حصاد المياه.

13. الحد من النزوح للمدن والمراكز الحضرية.

14. أساليب الاستغلال و الإدارة المتكاملة للموارد المائية

هنالك عدة أساليب يجب استصحابها لإدارة الموارد المائية إدارة متكاملة و إستغلالها في المناطق الجافة و شبه الجافة حتى تصبح مصدراً للخير و النماء و تسهم في تخفيف و درء آثار الكوارث (فيضانات – جفاف) و حدتها و من بين هذه الأساليب تقانة حصاد المياه.

فوائد حصاد المياه[137]

ثمة فوائد عديدة لحصاد المياه على الصعيد العملي ولاسيما في الظروف التالية:

- في البيئات الجافة، حيث يجعل الهطل المطري المتدني والتوزيع السيء له من الزراعة أمراً مستحيلاً. وإذا اعتبرنا أن عوامل الإنتاج الأخرى من قبيل التربة والمحاصيل هي عوامل مواتية، فحصاد المياه يجعل من الزراعة أمراً ممكناً رغم الافتقار إلى موارد مائية أخرى.
- في المناطق البعلية، حيث يمكن إنتاج المحاصيل، إلاأنها تتسم بتدني غلاّتها مع خطر كبير يهدد بالإخفاق. وهنا يمكن أن تقدم نظم حصاد المياه كميةكافية من المياه لتكميل الهطل المطري، وبذلك تزيد من الإنتاج وتعمل على استقراره.

[137] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 10-11

- في مناطق لاتكفي فيها المياه للاستخدام البشري وإنتاج الحيوانات. إذ يمكن تلبية هذه الاحتياجات من خلال حصاد المياه.
- في مناطق قاحلة تعاني من التصحر، تتضاءل فيها إمكانية الإنتاج على نحو متواصل نتيجة الافتقار إلى الإدارة الملائمة. وإن عملية تزويد هذه الأراضي بالمياه من خلال حصادها يمكن أن تحسن من الغطاء النباتي وتساعدفي لجم التدهور البيئي.

مكونات نظم حصاد المياه

قد تتم عملية حصاد المياه بصورة طبيعية أو بتدخل العنصر البشري. ويمكن مشاهدة الحصاد الطبيعي للمياه في أعقاب عواصف شديدة، إذ تتدفق المياه إلى المناطق المنخفضة مشكلة مساحات يستثمرها الزرّاع في الزراعة.

أما بالنسبة لحصاد المياه بوساطة التدخل البشري فيشمل تحريض الجريان، ومن ثمّ يصار إلى جمعه أو توجيهه، أو كليهما معاً، من أجل استعماله في منطقة مستهدفة. وإضافةإلى استخدام حصاد المياه لأغراض زراعية، يمكن تطويره لتزويد الإنسان والحيوانب مياه الشرب، إلى جانب استخدامه لأغراض منزلية وبيئية.

تقنيات تقليدية

لقد ارتبط اتخاذ الناس المناطق الجافة موئلاً وزراعتهم للمحاصيل فيها بعملية حصادا لمياه. وقد ساعدت جداول المياه الموسمية (الوادي)، والمياه التي يتم جمعها في قرار الأودية والخزانات في دعم مصادر الرزق عند سكان المناطق القاحلة وشبه القاحلة منذ آلاف السنين، وكانت سبباً لفتح الطريق أمام نمو المدن وتطورها.

ولاشك في أن ملايين الهكتارات في المناطق الجافة من العالم قد كانت في يوم ما أرضاً مزروعة تعتمد على حصاد المياه، غير أن هذه الممارسة قد أخذت طريقها إلى التضاؤل على نحو مضطرد نتيجةً لأسباب متعددة.

ولايرقى الشك إلى أهمية منطقة غربي آسيا وشمالي إفريقيا في تطوير التقنيات القديمة لحصاد المياه. ففي جنوبي الأردن، يُعتقدأن المنشآت الأولى لحصاد المياه قد تم عملها منذ ما يربو على 9000 سنة خلت. ويظهر بالدليل القاطع أن التقنيات البسيطة لحصاد المياه يعود استخدامها في جنوبي وادي الرافدين إلى عام 4500 قبل الميلاد.

وقد تعود الزراعة التي تعتمد على الجريان في صحراء النجف (Negev) إلى القرن العاشر قبل الميلاد. وفي اليمن ثمّة نظام يعود تاريخه إلى العام 1000 قبل الميلاد على الأقل كان يقوم بتحويل مياه الجريان لري مساحة 20,000 هكتار، تعطي محاصيل من المحتمل أنها قد أطعمت زهاء 300,000 نسمة. وفي جنوبي تهامة، باليمن، تستخدم الزراعة التي تعتمد على مياه الجريان بشكل تقليدي لإنتاج الذرة الرفيعة (السرغوم).

وقد كانت تستخدم تقنيات حصاد المياه على نطاق واسع في شمالي إفريقيا حتى في عصور ما قبل الرومان. وكشف خبراء الآثار أن الثروة التي حققتها "مخازن القمح التابعة للإمبراطورية الرومانية" كانت تعتمد على الزراعة المروية بمياه الجريان. أما في المغرب، فلا تزال طائفة واسعة من تقنيات حصاد المياه تستخدم في المنطقة المقابلة لجبال أطلس. وفي تونس، فإن لنظم حصاد المياه المعروفة باسم المسقاة (meskat)، والجسور (jesour)، والمغود (mgoud)، التي تستخدم المنحدرات والجدران، تاريخاً تقليدياً طويلاً وهي لاتزال إلى اليوم موضع الاستخدام. وفي مصر، فإن الساحل الشمالي الغربي ومناطق شمالي سيناء تتمتع

بتاريخ تقليدي طويل في استخدام الخزانات (cisterns) ومياه الجريان في قرار الوادي من أجل الزراعة.[138]

قبل اختيار التقنية اللازم استخدامها في عملية حصاد المياه في المناطق الجافة يجب الأخذ بعين الاعتبار العوامل الاجتماعية والعمرانية السائدة في المنطقة لأن ذلك سيحدد نجاح أو فشل التقنية المختارة، وهذا شيء مهم جداً في المناطق الجافة وشبه الجافة في أفريقيا وآسيا حيث يمكن أن نذكر العديد من مشاريع حصاد المياه التي فشلت بسبب عدم الأخذ بعين الاعتبار أولويات و أفضليات الناس المستفيدين أو حتى العاملين في منطقة الحصاد. والجدير بالذكر إلى أن التاريخ ذكر أن العديد من قاطني المناطق الجافة وشبه الجافة قاموا بتجريب وتحديد أساسيات الطرائق اللاحقة الذكر وذلك على مدى القرون السابقة وهذه الأساسيات هي التي وضعت أولويات بقاء واستمرار الطرائق. وبالتالي لا تعتمد مشروعات حصاد المياه في نجاحها على الهندسة الجيدة والمعاملات الزراعية الملائمة فحسب، ولكن الاعتبارات الاجتماعية- الاقتصادية تتسم بالأهمية أيضاً. ففي مناطق شديدة الجفاف، ظل السكان فيها يعيشون على حد الكفاف قروناً عدة، وقد وضعوا أوليات لهم فيما يتعلق بأسلوب حياتهم وبقائهم. لذلك، فإن من أكثر الأمور أهمية أن نأخذ بعين الاعتبار قيمهم، وإدراكهم، وأوضاعهم، وتفضيلاتهم بدلاً من محاولة فرض الحلول عليهم.

وتتمثل إحدى الطرائق الناجعة لتقديم مشاريع حصاد المياه وتطويرها في الذهاب أول الأمر إلى المستفيدين المتوقعين، والتحدث إليهم، والتعلم منهم، وإبداء الرغبة في خدمتهم وإمكانية ذلك. فإذا ما لبى المشروع مطالبهم بشكل فعلي، عندها يمكن التخطيط معهم لإجراء التطويرات، بدء اً من معرفتهم الشخصية و إغنائها، وذلك بالإفادة مما لديهم. ومن الأهمية بمكان جعلهم يشعرون بأن المشروع هو مشروعهم

---

[138] حصاد المياه، http://www.icarda.org

وأنه سيكون ذو فائدة حقيقية لهم. وبالرغم من أن المخططين غالباً ما يتجاهلون الفوائد غير المباشرة عند إجراء دراسات الجدوى من مشروعات حصاد المياه، إلا أن فهم أهمية هذه المشروعات يعد أمر اً أساسياً أيضاً. فهي تشمل وقف تدهور الأراضي، و مكافحة التصحّر، وتزويد الحيوانات بمياه الشرب، والتخفيف من حركة الهجرة إلى المدن، والتقليل من المشكلات الاجتماعية إلى الحد الأدنى، وتحسين مستوى معيشة أسر الزرّا ع وتعزيز استقرار حياة القرية وأمنها. وسيسهم الزرّاع الذين ينفذون مشروعات حصاد المياه في البيئات الأشد جفافاً في تقديم هذه الفوائد للسكان بشكل عام.[139]

تعتبر المكونات الرئيسة لنظم حصاد المياه كما يلي:[140]

1. منطقة المستجمع المائي:

و هي جزء من الأرض يسهم في بعض أو كامل حصته من مياه الأمطار لصالح المنطقة المستهدفة الواقعة خارج أو ضمن حدود ذلك الجزء. ويمكن أن تكون منطقة الجمع صغيرة لا تتجاوز بضعة أمتار مربعة أو كبيرة تصل إلى عدة كيلومترات مربعة. ويمكن أن تكون أرضاً زراعية، أو صخرية، أو هامشية، أو حتى سطح منزل أو طريقاً معبدة.

2. مرفق التخزين:

وهو المكان الذي تحتجز فيه المياه الجارية من وقت جمعها وحتى استخدامها. ويمكن أن يكون التخزين في خزانات سطحية أو تحت الأرض، أو في التربة ذاتها كرطوبة تربة، أو في مكامن المياه الجوفية.

3. المنطقة المستهدفة:

---

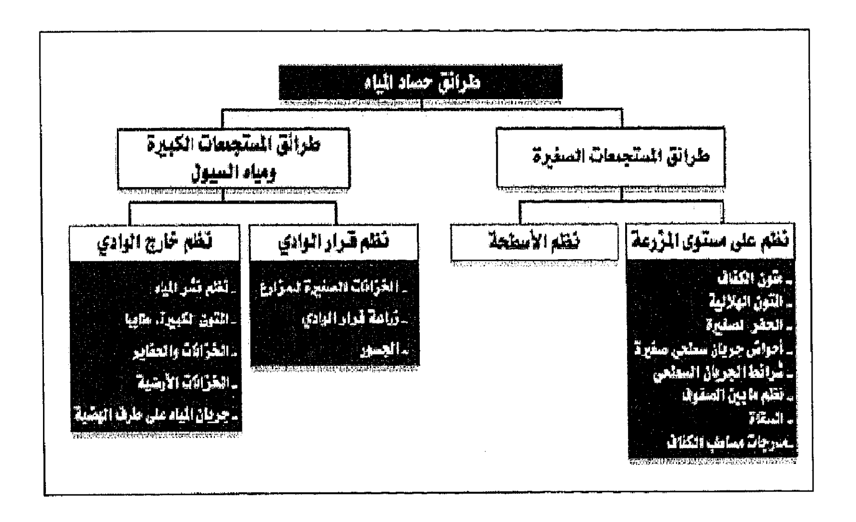
[139] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 13

[140] آل الشيخ، حصاد مياه الأمطار والسيول واهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، 2006، ص 4

و هي المنطقة التي تستخدم فيها المياه التي تم حصادها. ففي الإنتاج الزراعي، يتمثل الهدف في النبات أو الحيوان، بينما في الإستخدام المنزلي، فإن احتياجات الإنسان في الأوجه المختلفة هي الهدف.

ومن الطرق المتبعة في الحصاد المائي:

الشكل رقم (26): طرق الحصاد المائي[141]



[141] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 15

وعلى ضوء ما تقدم وقبل الشروع في اتباع أي من الطرق السابقة الذكر في البساتين يجب اتخاذ الخطوات التالية وذلك بهدف الوصول إلى الإجراء المناسب لأغراض الحصاد المائي وحماية التربة من الانجراف.[142]

أولاً: التعرف على تربة البستان من حيث:

1. نوع التربة: طينية، رملية ... الخ.
2. عمق التربة: عميقة، متوسطة العمق، سطحية، سطحية مع وجود حبوب ترابية.
3. ميل الأرض واتجاهه.
4. وجود الصخور والحجارة السطحية.
5. إجراء تحليل للتربة على الخواص الفيزيائية والكيميائية.

ثانياً: التعرف على المنطقة المناخية وكمية وشدة سقوط الأمطار.

خصائص الهطولات المطرية:[143]

تؤثر خصائص الهطولات المطرية بشكل رئيسي أو أساسي على معدلات الارتشاح وبالتالي على كمية المياه المحجوزة. ومن أهم خصائص الهطولات المطرية ما يلي:

1. كمية الهطولات Rainstorm Amount.

ويقصد بها كمية الهطولات المطرية لمرة واحدة خلال فترة زمنية معينة والتي تحدث بشكل متتابع في منطقة حجز معينة وتقاس بالمليمتر ماء. ومع زيادة كمية الهطول المطري تزداد رطوبة التربة ويمكن أن تتحول فيما بعد إلى مياه مخزنة.

2. شدة هطول المطر Rainstorm Intensity.

---

[142] الحصاد المائي والري التكميلي، http://www.ncare.gov.jo

[143] آل الشيخ، حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، 2006، ص 4

ويقصد بها كمية الهطل المطري في مدة معينة وتقاس بالمليمتر ماء لكل ساعة وذلك خلال فترة زمنية معينة. وعادة ما تكون شدة الهطل قليلة في البداية ثم تزداد مع الزمن. فإذا ما تجاوزت شدة الهطل معدل الترشيح فإن ذلك يزيد من إمكانية حصاد المياه.

3. توزيع الهطولات المطرية Rainstorm Distribution.

يتأثر توزيع الهطولات المطرية بوجود رطوبة مسبقة في تربة مكان حجز الماء. وغالباً ما يحدث ذلك عند الفترات المطرية المتباعدة على أرض جافة مما يسبب تسرب هذه المياه خلال الشقوق وبالتالي نقص كمية المياه المحجوزة بها.

ثالثاً: التعرف على النباتات الطبيعية في المنطقة.

رابعاً: تأثير الموقع الطبوغرافي في داخل المزرعة مثل الأودية والمجاري المائية.

مما تقدم يجب التوضيح على أن جميع الطرق المقترحة والتي تتبع في غالبيتها على الحصاد المائي، الهدف منها الحد من سرعة مياه الأمطار والعمل على احتفاظ التربة بأكبر كمية من مياه الأمطار ولأطول فترة ممكنة وعليه حين التفكير في إقامة بساتين جديدة في المناطق التي يوجد فيها ميل يجب التركيز على الزراعة الكنتورية حيث أن هذا النوع من الزراعة يعمل على توزيع عادل من مياه الأمطار على كافة الأشجار في البساتين بعد ذلك تأتي الطرق الأخرى بما يتلاءم وطبيعة التربة والمنطقة، أما الخطوة التي تليها سواء في البساتين المقامة أو التي تحت الإنشاء هي اتباع جريان المياه وبالتالي سهولة نفوذها بالتربة، هذا بالإضافة إلى خدمة المزرعة وخصوصاً حول الأشجار من عزق وتعشيب كل هذا يعمل على سهولة نفوذ الماء في التربة.

نظم المستجمعات المائية الصغيرة[144]

إن نظم المستجمعات المائية الصغيرة هي تلك التي تُجمع فيها المياه السطحية الجارية من منطقة مستجمع صغيرة تنساب منها المياه إلى مسافة قصيرة. وعادة ماتضاف المياه الجارية إلى منطقة زراعية مجاورة، حيث يصار إلى تخزينها إما في منطقة الجذور ليستخدمها النبات بشكل مباشر أو يتم تخزينها في حوض صغير لتستخدم فيما بعد. ويمكن زراعة المنطقة المستهدفة إما بالأشجار، أو بالشجيرات، أو بالمحاصيل الحولية. ويتراوح حجم المستجمع من بضعة أمتار مربعة إلى مايقارب الألف متر مربع وقد تكون أسطح المستجمع الأرضي أسطحاً طبيعية، مع غطائها النباتي، أو قد تنظف وتعالج بطريقة ما لتحريض الجريان، لاسيما عندما تكون التربة خفيفة. أما أسطح المستجمعات المائية غير الأرضية فتشمل سطوح الأبنية، وفناء الدار، وبنى كتيمة مشابهة.

نظم على مستوى المزرعة

تعد نظم المستجمعات المائية الصغيرة على مستوى المزرعة نظماً بسيطة في تصميمها، ويمكن إنشاؤها بتكاليف منخفضة، مما يجعل تكرارها والقدرة على التحكم بها أمراً يسيراً. وتتسم هذه النظم بكفاءة جريان أكبر مقارنة بنظم المستجمعات الكبيرة، ولا تحتاج عادة إلى وسيلة لنقل المياه. كما تسمح بالتحكم بانجراف التربة وتوجيه الرواسب للاستقرار في المنطقة المزروعة. وتتوافر تقنيات للمستجمعات الصغير المعتمدة على الأرض تتلاءم مع أي منحدر أو أي محصول. غير أن هذه النظم تتطلب صيانة دورية متواصلة مع يد عاملة كثيرة إلى حد ما. وخلافاً لنظم المستجمعات المائية الكبيرة، فإن المزارع يتمتع بالسيطرة ضمن مزرعته على المستجمع والمناطق المستهدفة على حد سواء، حيث يتم إنشاء كافة مكونات

---

[144] http://www.icarda.org

النظام ضمن حدود المزرعة. وتعتبر هذه المسألة من النقاط الإيجابية من ناحية الصيانة والإدارة، غير أنه، ونتيجةً لخسارة جزء من الأرض المنتجة، فإن هذه النظم تقتصر على البيئات الأكثر جفافاً، حيث تواجه زراعة المحاصيل خطر الإخفاق، الأمر الذي يستدعي الزرّاع إلى تخصيص جزء من المزرعة لعمل المستجمع.

ونقدم فيما يلي وصفاً لأهم نظم مستجمعات المياه الصغيرة المعتمدة على الأرض أو نظم حصاد المياه على مستوى المزرعة في المناطق الجافة من:

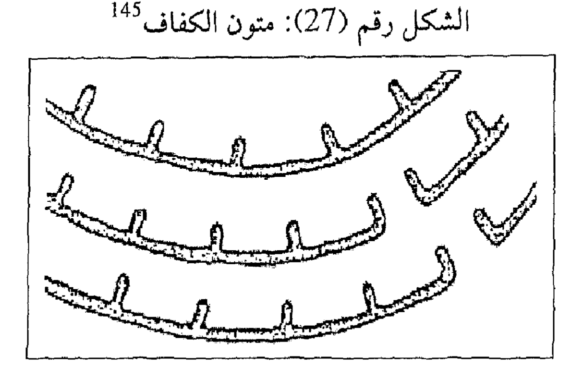
أولاً: متون الكِفاف (الكنتور) Contour ridges

وهي حواجز ترابية يتم إنشاؤها على طول خطوط الكِفاف (خطوط الكنتور هي عبارة عن خطوط وهمية تصل بين النقاط ذات المنسوب الواحد (المتساوية في الارتفاع) حيث تستخدم هذه الخطوط في الخرائط وذلك لاظهار التضاريس)، تبعد الواحدة عن الأخرى عادة مسافة تتراوح مابين 5–20 م. وتتركز الزراعة على مسافة 1–2 م أعلى المتن، أما ماتبقى من المسافة فيشكل المستجمع. ويختلف ارتفاع كل متن تبعاً لدرجة ميل الأرض، وتحتجز مياه الجريان المتوقعة مُقدم هذا المتن. وقد تُدَعم المتون بالحجارة إذا لزم الأمر. وتعتبر عملية إنشاء المتون تقنية بسيطة يمكن تنفيذها إما يدوياً بوساطة آلة يجرها حيوان، أو بوساطة جرّار مزود بالتجهيزات المناسبة. ويمكن إنشاؤها على نطاق واسع من المنحدرات، من 1٪ حتى 50٪.

ويكمن مفتاح نجاح هذه النظم بوضع المتون بأكثر دقة ممكنة على طول خط الكِفاف. وإلا انسابت المياه على امتداد المتن، وتجمعت عند أخفض نقطة، ثم اخترقته ودمرت كامل النظام الموجود في أسفل المنحدر. ويمكن استخدام أدوات المسح، أو معدات يدوية لتحديد الكِفاف، غير أن هذه الأساليب بالغة التعقيد وتعتبر مضيعة للوقت بالنسبة لمعظم صغار المزارعين. أما أبسط الأساليب فيتمثل

في استخدام الخرطوم الشفاف المرن بطول يتراوح مابين 10-20 م مثبتاً على عمودين مدرّجين. يُملأ الخرطوم بالماء بحيث يظهر مستويا الماء عند طرفيه بوضوح على المقياس. ويمكن لشخصين تتبع خط الكِفاف من خلال تعديل موقع أحد العمودين بحيث يصبح مستوى الماء عند الطرفين فيهما واحداً.

الشكل رقم (27): متون الكفاف[145]



إذا لم يكن تحديد الكِفاف بدقة أمراً مجدياً، فإنه يمكن إضافة سدود عرضية صغيرة (وصلات) على مسافات مناسبة على طول المتن لوقف تدفق المياه على طول المتن.
وتعتبر متون الكِفاف إحدى أكثر التقنيات أهمية في دعم تجدّد الأعلاف والأعشاب والأشجار المقاومة وإيجاد مزارع خاصة بها على المنحدرات البسيطة والشديدة في البادية. كما تستخدم في المناطق الاستوائية شبه القاحلة للمحاصيل القابلة للزراعة من قبيل الذرة الرفيعة، والدخن، واللوبياء، والفاصولياء.
ويمكن إنشاء شكل خاص من متون الكفاف لاستخدامها مع سدود (حواجز) حجرية فوق المنحدرات البسيطة. فالحواجز الحجرية هي بنى نفذت تعمل لإبطاء حركة جريان المياه وزيادة عملية الترشيح فقط. ويمكن القيام بحفر الأرض لإضافة التراب الناتج إلى جانب الحاجز المتصل بمجرى المياه لتحويله إلى متن كِفاف كتيم

---

[145] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 16

للمياه. ويستخدم هذا النظام أحياناً في المناطق الاستوائية شبه القاحلة مع تقنيات أخرى، من قبيل نظام زاي (zay) أو نظام متون الكفاف مع وصلات. ولايمكن استخدام نظم الحواجز الحجرية هذه إلا إذا توافرت حجارة بأحجام كبيرة ومناسبة في المناطق المجاورة.

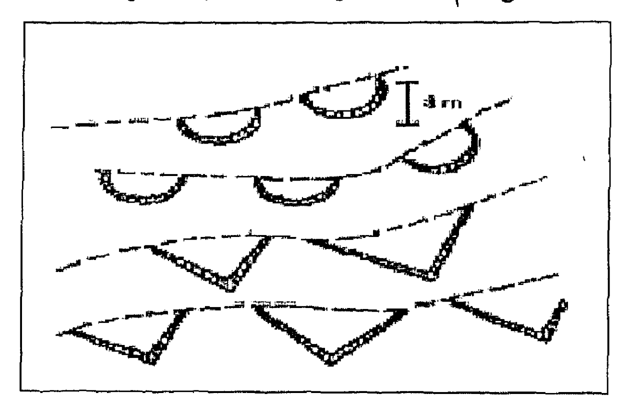
ثانياً: المتون الهلالية وشبه المنحرفة Semi-circular and Trapezoidal Bunds

هي حواجز أو متون ترابية على شكل نصف دائرة، أو هلال، أو شبه منحرف تكون مواجهة لأعلى المنحدر بشكل مباشر. ويتم إنشاؤها على مسافات تتيح لمستجمع كاف القيام بتجهيز مياه الجريان المطلوبة، فتتجمع أمام الحاجز وهو المكان الذي تزرع فيه النباتات. وعادة مايتم إنشاء هذه الحواجز على شكل صفوف متفاوتة.

ويتراوح قطر الدائرة أو المسافة مابين نهايتي الحاجز من 1-8م، بينما يبلغ ارتفاعه مابين 30-50سم. إن حفر التربة في الجانب العلوي لخط المتن عند إنشائه يسبب انخفاضاً ضئيلاً في مستوى التربة، حيث تتوقف المياه عن الجريان وتتجمع عند المتن وتخزن في منطقة جذور النبات. كذلك، فإن درجة الانحدار ستزداد مما يرفع من معامل الجريان السطحي؛ وبهذه الحالة يمكن استخدام هذه التقنية فوق الأرض المنبسطة، مع إمكانية استخدامها أيضاً فوق المنحدرات التي لاتزيد عن 15٪. وتُستخدم هذه المتون والحواجز بشكل رئيس من أجل إعادة إحياء المراعي الطبيعية أو من أجل إنتاج الأعلاف، إلا أنه يمكن استخدامها أيضاً من أجل زراعة الأشجار، والشجيرات، وأحياناً من أجل زراعة المحاصيل الحقلية، والخضروات.
تعتبر المدرجات التي تتخذ شكل حاجب العين شكلاً من أشكال السدود نصف الدائرية المدعومة بالحجارة عند الجانب الخلفي. ويتناسب تعزيز السدود بالحجارة

مع شدة ميل المنحدر. كما يتطلب تأسيس هذا النظام وصيانته الكثير من اليد العاملة.

الشكل رقم (28): المتون الهلاليةوشبه المنحرفة[146]



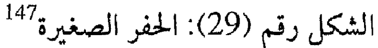
ثالثاً: الحفر الصغيرة Small pits

يعود تاريخ عمل الحفر إلى زمن بعيد جداً، ويجري استخدامها بشكل رئيس في المناطق الغربية والشرقية من إفريقيا، مع أنها انتشرت أيضاً في بعض المناطق. وتعتبر هذه التقنية ممتازة من أجل إعادة إحياء الأراضي الزراعية المتدهورة. ويتراوح قطر الحفرة من 0.3-2م. وأشهر نظم الحفر نظام زاي (zay) المستخدم في بوركينا فاسو. وهو عبارة عن عمل حفر بعمق يتراوح بين 5-15سم، حيث يمزج السماد العضوي ومختلف أنواع الأعشاب مع قليل من التربة ويوضع المزيج في حفرة الزاي. أما باقي التربة فتستخدم لتشكيل حاجز ترابي هلالي صغير عند أسفل المنحدر الذي توجد فيه الحفرة. وتستخدم الحفر مع السدود والمتون لحفظ جريان المياه، الذي تتباطأ سرعته بسبب وجود الحواجز. ويسمح هذا النظام بإعادة استخدام كثير من الأراضي الزراعية المتدهورة.

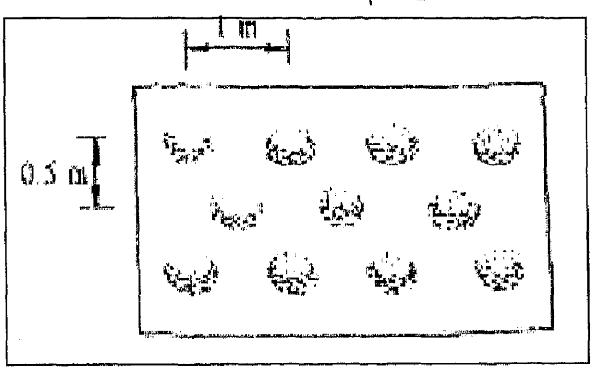
---

[146] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 16

تستخدم نظم الحفر بشكل رئيس من أجل زراعة المحاصيل الحولية. ولكن إذا ماتم عمل الحفر في أرض منبسطة بدلاً من أرض منحدرة، عندها يمكن اعتبار ذلك أقرب إلى إحدى تقنيات حفظ الرطوبة في التربة لا عملية لحصاد المياه. وتكون الحاجة إلى اليد العاملة لعمل حفر نظام الزاي كبيرة، وقد تشكل استثماراً لابأس به خلال السنة الأولى أو خلال السنوات اللاحقة، ويجب إعادة ترميم الحفر عقب كل عملية حراثة. ويمكن تحوير محراث قرصي خاص من أجل عمل حفر صغيرة لإعادة إحياء المراعي الطبيعية.



الشكل رقم (29): الحفر الصغيرة[147]

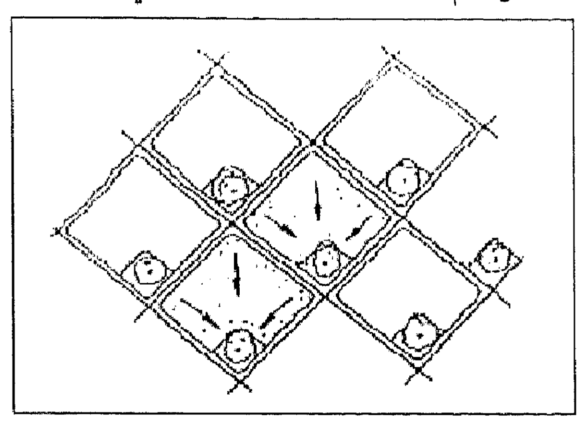


رابعاً: أحواض جريان سطحي صغيرة Small runoff basins يطلق عليها أحياناً اسم نجاريم(negarim) وهي أحواض جريان صغيرة تتألف من بنى صغيرة تتخذ شكل المعين أو المستطيل، وتحيط بها متون ترابية قليلة الارتفاع. ويتم توجيه الأحواض بحيث يكون انحدار الأرض الأعظم موازياً للقطر الطويل للمعيّن، مما يؤدي إلى جريان المياه إلى أخفض ركن وهي المكان الذي يزرع فيه النبات. إن استخدام النجاريم ملائم فوق الأرض المنبسطة. وتتراوح الأبعاد المعتادة لهذه الأحواض من 5 - 10م عرضاً، ومن 10-25م طولاً. ويمكن إنشاء

[147] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 16

أحواض جريان صغيرة مهما كانت درجة الميل تقريباً، بما في ذلك السهول ذات الانحدار 1-2٪؛ غير أنه قد يحدث انجراف للتربة فوق المنحدرات التي تزيد عن 5٪، الأمر الذي يتطلب زيادة ارتفاع المتن. كما تعتبر هذه الأحواض الأكثر مواءمة لزراعة الأشجار المثمرة. وعندما يتم استخدامها من أجل الأشجار، فإنه يجب أن يكون عمق التربة كافياً لتحتفظ بكمية كافية من المياه على امتداد موسم الجفاف. وإذا ما أجريت صيانة جيدة لمستجمع المياه، عندها يمكن حصاد 30-80٪ من مياه الأمطار واستخدامها من قبل المحصول. ويعتبر حفظ التربة من التأثيرات الجانبية الإيجابية لأحواض النجاريم. وحين يتم إنشاء نظام النيجاريم، فإنه يدوم سنوات ولايتطلب سوى قدر يسير من الصيانة. وقد تكون الحراثة لمكافحة الأعشاب داخل الأحواض غير ممكنة عملياً. الأمر الذي يتطلب استخدام اليد للتعشيب أو استخدام المبيدات الكيميائية للقيام بذلك. ويمكن الحصول على معامل جريان مرتفع إذا ما أنشئت أحواض النجاريم فوق تربة ثقيلة أو قشرية. ولما كان النظام يدعم محاصيل مرتفعة القيمة، فإن اتخاذ التدابير لحث جريان إضافي سيكون مجدياً على الصعيد الاقتصادي.

الشكل رقم (30): أحواض جريان سطحي صغيرة[148]



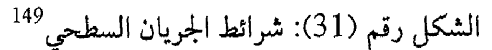
خامساً: شرائط الجريان السطحي Runoff strips

تعد تقنية شرائط الجريان السطحي مناسبة لمناطق قليلة الانحدار، حيث تستخدم الشرائط لدعم محاصيل حقلية في البيئات الأشد جفافاً (مثل محصول الشعير في البادية)، حيث يكون الإنتاج مجازفة، والغلال متدنية. ويتم تقسيم الأرض إلى شرائط على امتداد خطوط الكِفاف. ويستخدم الجزء العلوي من الشرائط كمستجمع للمياه، بينما يزرع الجزء السفلي للشريط بالمحاصيل. ويجب ألا يكون الشريط المزروع بالمحاصيل عريضاً جداً (1-3 م)، في حين يحدد عرض شريط المستجمع بما يتوافق والكمية المطلوبة من مياه الجريان. ويمكن أن تتم زراعة المحاصيل باستخدام خطوط الجريان بشكل آلي تماماً ولا تتطلب سوى اليسير نسبياً من اليد العاملة. وتتم حراثة الأشرطة المزروعة ذاتها كل عام. وقد يكون تنظيف أشرطة المستجمع ورصّها أمراً مطلوباً لتحسين الجريان السطحي. وتستخدم المدخلات الزراعية من قبيل الأسمدة ومبيدات الآفات، فوق المساحة

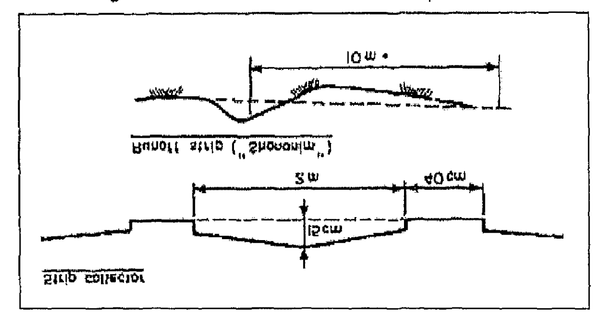
[148] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 16

المزروعة إلى جانب استخدام المياه. وإذا ما توافرت الإدارة الجيدة، فإنه يمكن للحراثة المتواصلة للخط المزروع بالمحاصيل أن تزيد من خصوبة التربة وتحسن من بنيتها، الأمر الذي يكسب الأرض المزيد من القدرة الإنتاجية. ويوصى بهذه التقنية بشكل كبير لزراعة الشعير ومحاصيل حقلية أخرى على مساحات واسعة من البادية، فقد تخفف من حدة المجازفة وتحسن الإنتاج بشكل جوهري. ويمكن استخدام أشرطة المستجمع للرعي عقب حصاد المحصول.

غير أن المزارع قد يواجه مشكلة تكمن في عدم التساوي في توزيع المياه فوق الشريط المزروع، لاسيما عندما يكون الانحدار ضعيفاً والشريط المزروع عريضاً جداً، كما هو الحال في نظام خوشكابا في الباكستان، أو إذا ما تشكلت حافة صغيرة أثناء الحراثة على طول الطرف العلوي للشريط المزروع. وللتغلب على هذه المشكلة، يوصى بأن لايتجاوز عرض شريط المحصول الـ 2م، إضافة إلى تسهيل توزيع المياه وذلك بتحضير سطح الخط بشكل جيد.



الشكل رقم (31): شرائط الجريان السطحي[149]



[149] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 17

سادساً: نظم مابين الصفوف Inter-row system

قد تكون نظم جمع المياه مابين الصفوف، التي يطلق عليها أيضاً اسم"المستجمعات الطرقية" أفضل تقنية يمكن استخدامها فوق الأراضي المنبسطة. ويتم إنشاء سدود أو حواجز عرضية مثلثية الشكل على طول المنحدر الرئيس للأرض. وعند زراعة محاصيل مرتفعة القيمة مثل الأشجار المثمرة والخضروات يمكن إحكام عمل السدود وربما تغطيتها بصفائح بلاستيكية أو بمواد صادة للمياه لحث الجريان السطحي. ويتم بناء متون أو سدود بارتفاع يتراوح مابين 40 إلى 100سم على مسافات من2-10م.

ويتم جمع مياه الجريان المتجهة إلى أسفل المنحدر بين المتون، عندئذ يتم توجيهها لحو خزان موجود في نهاية القناة أو لحو محصول مزورع مابين المتون. ويجب تعشيب منطقة المستجمع ورصها بصورة منتظمة لضمان الحصول على جريان سطحي مرتفع.

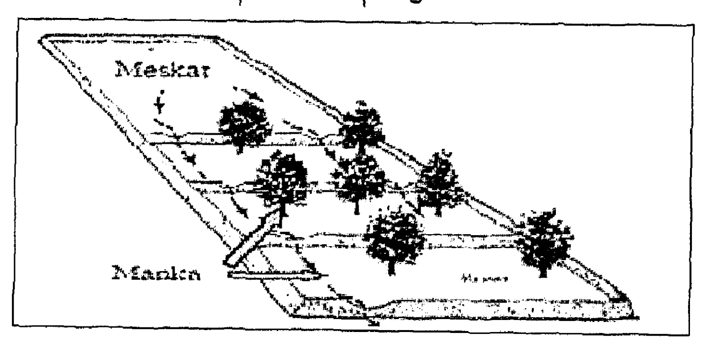
الشكل رقم (32): نظم ما بين الصفوف[150]

[150] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 17

سابعاً: نظام المسقاة Meskat

المسقاة مصطلح يطلق في تونس على نظام محلي لحصاد المياه ويقوم بدعم أشجار الزيتون والتين بشكل أساسي. ويتألف هذا النظام من مستجمع، أو كما يعرف بمسقاة، يشغل المنحدر المجاور لأرض مزروعة مستوية تدعى منكى (manqa). وقد يحيط بمناطق المستجمعات أحياناً متون صغيرة قد تزود بمفيضات (ممرات مائية) لجعل الجريان يتدفق بين قطع الأراضي دون أن يتسبب في حدوث الانجراف.

الشكل رقم (33): نظام المسقاة[151]



أما الخوشكابا (khushkaba) فهي تقنية مشابهة تستخدم لزراعة محاصيل حقلية في بالوخستان، بالباكستان. وتقسم قطع الأراضي الكبيرة 1000-5000م^2 إلى قسمين؛ قسم علوي ويستخدم كمستجمع لتجهيز مياه الجريان السطحي، وآخر سفلي يستخدم كمنطقة للزراعة. أما مشكلة هذا النظام فتكمن في فقدان التناسق في توزيع المياه فوق المنطقة المزروعة. وإذا ما تم التقليل من عرض المنطقة المخصصة للمحصول لتحسين تناسق التوزيع، عندها سيصبح هذا النظام أشبه بنظام أشرطة الجريان السطحي المذكور آنفاً. ويستخدم نظام خوشكابا بشكل رئيس لتحسين

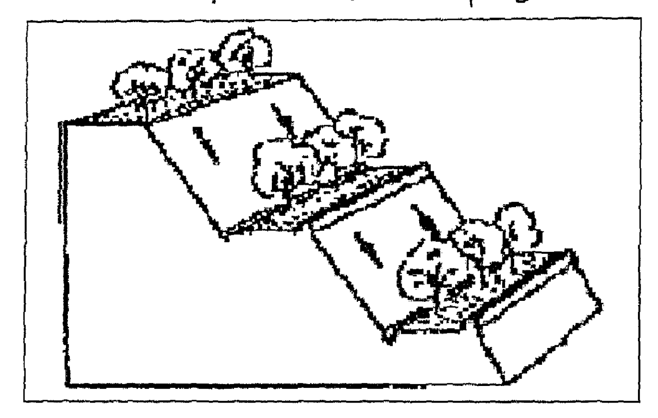
---

[151] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 16

إنتاج القمح والشعير في بيئات شديدة الجفاف (أقل من 250 مم من الهطل المطري).

ثامناً: مدرجات مصاطب الكِفاف Contour-bench terrace
يتم إنشاء مدرجات مصاطب الكفاف فوق مناطق شديدة الانحدار للجمع مابين حفظ التربة وحفظ المياه من جهة وتقنية حصاد المياه من جهة أخرى. وعادة مايتم عمل المدرجات المخصصة لزراعة المحاصيل بشكلٍ مستوٍ ويتم تدعيمها بجدران حجرية للحدّ من سرعة تدفق المياه والتحكم بالانـجراف. وتزود هذه المدرجات بمياه جارية إضافية تأتي من مناطق أشد انحداراً غير مزروعة تقع مابين المدرجات. وعادة ماتزود المدرجات بمصارف للتخلص من الفائض من المياه بشكل آمن. وتستخدم هذه النظم بشكل متكرر لزراعة الأشجار والشجيرات، وتعتبر المدرجات الجبلية العظيمة في اليمن مثالاً جيداً على هذا النظام. وبما أنها أنشئت فوق سفوح الجبال الشاهقة، فإن معظم العمل قد تم إنـجازه بطريقة يدوية. أما الناحية السلبية في هذا النظام فتتمثل في ارتفاع تكاليف إنشائه وصيانته.

الشكل رقم (34): مدرجات مصاطب الكفاف[152]



نظم الأسطح Rooftop Systems

تقوم نظم الأسطح بجمع مياه الأمطار وتخزينها من أسطح المنازل أو المباني الكبيرة، والدفيئات، والساحات، ومايشابه ذلك من سطوح كتيمة بما في ذلك الشوارع، مما يمكّن من جمع وتخزين معظم مياه الأمطار. وتعتمد كيفية استخدام المياه بعد حصادها على نوع السطح المستخدم في جمعها ودرجة نظافته، إضافة إلى احتياجات المستخدمين لهذه المياه. فعلى سبيل المثال، تسمح المواد الحديثة المستخدمة في صناعة الأسطح من ناحية والمزاريب من ناحية أخرى بجمع مياه نظيفة صالحة للشرب واستخدامات منزلية أخرى، ولاسيما في مناطق ريفية لم تصلها مياه الصنبور بعد. إلا أن الزرّاع عادة ما يتجنبون تخزين مياه الجريان الناتجة عن أول هطل مطري حيث أن نظافته قد لا تكفي ليكون صالحاً للشرب. وإذا ما تم جمع المياه من أحد السطوح التي قد تحتوي على تربة أو بقايا نباتات، فإن المياه الجارية يجب أن تمرر عبر حوض ترسيب قبل تخزينها. إن نظاماً كهذا يزود الإنسان والحيوان بالمياه في

[152] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 17

المناطق النائية بتكاليف منخفضة. ورغم أن هذه التقنية تستخدم لأغراض منزلية بشكل أساسي إلا أن لها استخدامات زراعية أيضاً، إذ يمكن أن تستخدم المياه غير الصالحة للشرب لري حدائق المنزل. أما المياه التي تم حصادها من سطح دفيئة ما فيمكن استخدامها لري ما بداخل الدفيئة.

المستجمعات المائية الكبيرة ونظم مياه السيول

توصف نظم المستجمعات المائية الكبيرة ونظم حصاد مياه السيول بجمع مياه الجريان من مستجمع كبير نسبياً. وغالباً مايكون المستجمع مرعى طبيعياً، أو بادية، أو منطقة جبلية. وفي معظم الأحيان توجد المستجمعات التابعة لهذين النظامين خارج حدود المزرعة حيث يكون تحكم الزرّاع بمفردهم فيها ضئيلاً أو معدوماً.

ويشار إلى نظم المستجمعات الكبيرة أحياناً بعبارة "حصاد المياه من المنحدرات الطويلة" أو بعبارة "الحصاد من مستجمع خارجي." وتختلف سيادة الجريان المضطرب والتدفق الجدولي لمياه المستجمع الكبير عن التدفق الصفحي أو الغديري الذي يميز المستجمعات المائية الصغيرة.

وعموماً تكون المياه التي يتم جمعها من الجريان السطحي أدنى من تلك التي في نظم المستجمعات الصغيرة، وتتراوح من نسبة ضئيلة وحتى 50٪ من الهطل المطري السنوي. وغالباً ما تخزن المياه في خزانات سطحية أو تحت السطح، لكن قد تخزن أيضاً في التربة ليصار إلى استخدامها مباشرة من قِبَل المحاصيل. كما تخزن المياه أحياناً في مكامن مائية كنظام لتغذية المياه الجوفية. وتقع المساحات المزروعة بالمحاصيل إما فوق مدرجات قليلة الانحدار أو في أراضٍ منبسطة. وتعتبر حقوق المياه، التي تؤثر في توزيع المياه مابين المستجمع والمناطق المزروعة ومختلف المستخدمين في المناطق التي تقع في أعلى وأسفل مجرى المياه من بين أكثر

المشكلات المرتبطة بهذه النظم أهمية. ويكمن أفضل حل لهذه المشكلات في وضع خطط للتدخل باستخدام نهج متكامل لتنمية مساقط المياه يشارك فيه المسؤولون كافة.

وغالباً مايطلق على نظم المستجمعات المائية الكبيرة في مناطق البادية اسم "نظم حصاد مياه السيول." وتبعاً لموقع المنطقة المستهدفة، ثمة نمطان للمستجمعات الكبيرة ونظم مياه السيول هما: نظم قرار الوادي، ونظم خارج الوادي.

نظم جمع المياه في قرار الوادي

يستخدم قرار الوادي في هذا النظام لتخزين المياه إما على السطح وذلك بوقف تدفق المياه، أو في التربة وذلك بإبطاء التدفق وتمكين المياه من الإرتشاح داخل التربة. ووجد أن نظم قرار الوادي التالية هي الأكثر مواءمة لمناطق البادية.

أولاً: الخزانات الصغيرة للمزارع

يمكن للمزارعين الذين يمر واد في أرضهم أن يقيموا سداً صغيراً، إذا ماكان الموقع ملائماً، لتخزين بعض أو كل المياه الجارية التي تتدفق إلى أسفل الوادي.

بعد ذلك يمكن استخدام هذه المياه لري المحاصيل أو استهلاكها من قبل الأسرة أو الحيوانات. وهذه الخزانات هي في العادة صغيرة الحجم، لكن قد يتفاوت حجمها من 1000 إلى 500,000 م ^{3}. وقد تُطلب مساعدة أحد المهندسين لتخطيط السد وتصميمه وتنفيذه.

ويعتبر وجود مفيضات ذات قدرة كافية على السماح لتدفق الذروة بالمرور عبر الوادي من المزايا الأكثر أهمية. وقد انهار الكثير من الخزانات الصغيرة للمزارع التي تم إنشاؤها في بادية غربي آسيا نتيجة الافتقار إلى وجود المفيضات أو عدم كفايتها إن وجدت .

وتعتبر الخزانات الصغيرة للمزارع على قدر كبير من الفاعلية في بيئة البادية، فإن بإمكانها تزويد المحاصيل بالمياه، وزيادة القدرة الإنتاجية والعمل على استقرارها. وعلاوة على ذلك، فإن فوائدها المرتبطة بالبيئة تعتبر جوهرية. وينصح بضخ المياه التي تم جمعها بأسرع مايمكن ثم تخزينها في منطقة جذور النبات (باستثناء تلك المياه المخصصة للشرب واستهلاك الحيوانات) وذلك لزيادة كفاءة استخدام المياه وطاقة الخزان إلى الحد الأعظمي، والتقليل من الفاقد الناتج عن التبخر والتسرب إلى الحد الأدنى. ولتحقيق مزيدٍ من الكفاءة، فإن هذه العملية تنطوي على وجوب استخدام المياه لري المحاصيل الشتوية بشكل تكميلي خلال فترة الهطل المطري الشتوي، بدلاً من الاحتفاظ بها لري المحاصيل الصيفية بشكل كامل.

الشكل رقم (35): الخزانات الصغيرة[153]



ثانياً: زراعة قرار الوادي

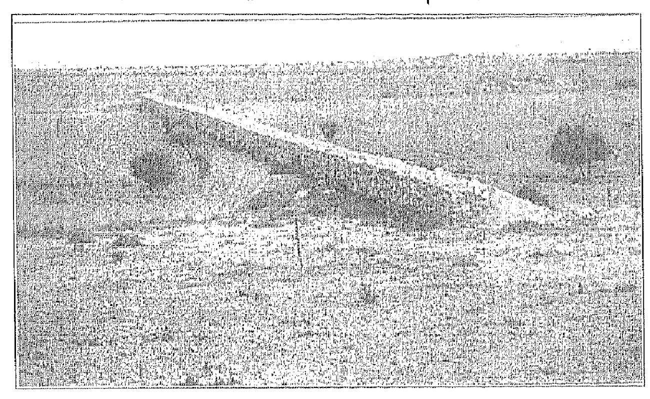
تعتبر هذه التقنية كثيرة الشيوع في قرارات الأودية ذات الانحدار القليل. وكنتيجة للسرعة البطيئة للمياه، فإن الرواسب المنجرفة غالباً ماتستقر في قرار الوادي وتخلق أرضاً زراعية جيدة النوعية. وقد يحدث ذلك بصورة طبيعية أو يمكن الوصول إليه

---

[153] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 39

بإنشاء سد صغير أو حاجز عبر الوادي للتخفيف من سرعة التدفق والسماح للرواسب بالاستقرار. ومن المفضل عادة أن تكون الجدران العرضية في الوادي والتي لايزيد ارتفاعها عن المتر الواحد مبنية من حجارة كتيمة وقد تعزز بالصيماد. ويجب أن يكون أعلى الجدار في مستوى واحد حتى يشكل أرضاً متناسقة خلفه، ويسمح للمياه الزائدة بالتدفق على طوله بشكل كامل. وتحدد المسافات مابين الجدران على طول الوادي تبعاً لانحدار قرار الوادي وارتفاع الجدار. وتعتبر هذه التقنية شائعة جداً لزراعة الأشجار المثمرة كالتين، والزيتون، والنخيل، ومحاصيل أخرى مرتفعة القيمة، على اعتبار أن التربة في الوادي عادة ماتكون خصبة، ويمكن الاعتماد على توافر المياه في تلك المنطقة كأمر مسلم به إلى حد ما. وتزيد هذه الجدران من مجال اختيار المحاصيل التي يمكن زراعتها في هذه المناطق الهامشية. أما المشكلات الرئيسة المرتبطة بهذا النمط من حصاد المياه فتتمثل في ارتفاع تكاليف صيانة الجدران. وثمة مشكلة أخرى ظهرت مؤخراً في بعض المناطق حيث يتم تطوير المستجمعات من أجل المساكن، الأمر الذي يؤدي إلى وصول كمية أقل من مياه الجريان إلى قرارات الأودية، مما يسبب إصابة المحاصيل المزروعة في أسفل المجرى بإجهاد نقص المياه على نحو متزايد. وفي ظروف كهذه، ثمة حاجة إلى نهج متكامل لتطوير مساقط المياه بغية تحقيق العدالة في تزويد المياه.

الشكل رقم (36): الزراعة في قرار الوادي[154]



ثالثاً: الجسور Jessour

"الجسور" هي كلمة عربية تصف المنشآت الجدارية المحلية واسعة الإنتشار والتي تم بناؤها على الأودية شديدة الإنحدار نسبياً في جنوبي تونس. وعادة ماتكون هذه الجدران مرتفعة بسبب الانحدار الشديد. وتبنى من التراب أو الحجارة أو كليهما معاً، وفيها مفيض ينشأ في العادة من الحجارة. ومع مرور السنين، ونتيجة احتجاز المياه خلف هذه الجدران، تترسب المواد المحمولة وتتراكم، وتخلق أرضاً جديدة لزراعة المحاصيل وعلى رأسها زراعة التين والزيتون إضافة إلى زراعة محاصيل أخرى.

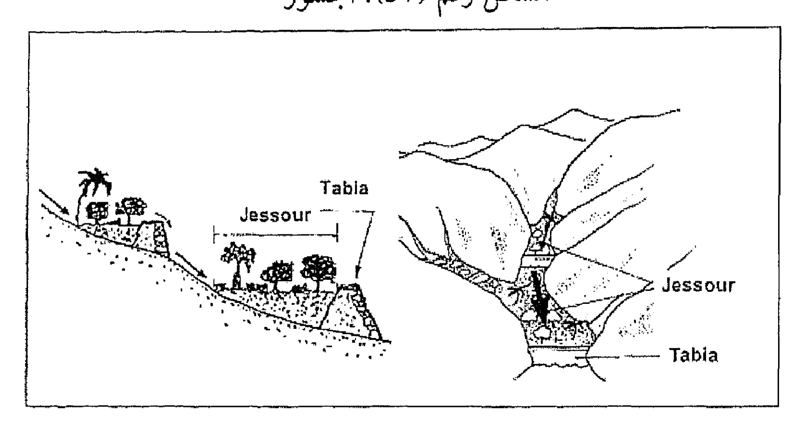
ويتشابه هذه النظام مع نظام زراعة قرار الوادي غير أنه يختلف عنه من حيث استخدامه في قرارات الأودية شديدة الإنحدار. ويوجد فيه دائماً مفيض لتحرير الزائد من المياه. وعادة ماتوجد سلسلة من الجسور على طول الوادي تبدأ من أحد المستجمعات الجبلية. وتتطلب هذه النظم صيانةً دورية للحفاظ عليها بشكل جيد.

---

[154] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 40

ونتيجة تضاؤل أهمية هذه النظم مؤخراً لإنتاج الأغذية، فقد ابتعد الكثيرون عن العناية بها وصيانتها، الأمر الذي أدى إلى انهيار كثير من هذه النظم.

الشكل رقم (37): الجسور[155]



النظم التي تقع خارج الوادي

تستخدم مياه الأمطار التي يتم حصادها في هذه النظم لري مناطق تقع خارج قرار الوادي. وقد تستخدم منشآت لإجبار مياه الوادي على الانحراف عن مجراها الطبيعي والتدفق إلى مناطق قريبة ملائمة للزراعة خارج الوادي. وقد تستخدم منشآت مشابهة لجمع مياه الأمطار من مستجمع يقع خارج قرار الوادي. وفيما يلي أكثر التقنيات المستخدمة خارج الوادي أهمية:

أولاً: نظم نشر المياه Water spreading

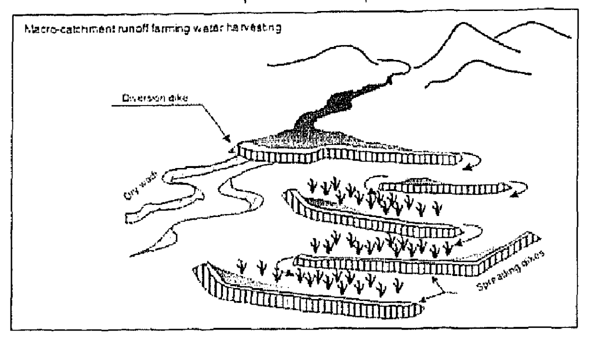
يتم في هذه التقنية، التي يطلق عليها أيضاً اسم "تحويل مياه السيول"، إجبار جزء من مياه الوادي المتدفقة على التحول عن مجراها الطبيعي إلى مناطق قريبة ويتم استخدامها لري المحاصيل المزروعة. وتخزن هذه المياه في منطقة جذور المحاصيل، أي

155 حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 41

أنها تكمل الهطل المطري. وعادة مايتم إنجاز تحويل المياه بوساطة حاجز يرفع من مستوى المياه في قرار الوادي، مما يسمح للجريان بالتوزع بفعل الجاذبية على أحد طرفي الوادي أو كليهما معاً. ويتم توجيه الجريان خارج الوادي بوساطة متون منحرفة قليلاً دون خطوط الكِفاف، ومبتعدة عن خط الوادي. وتتطلب عملية توزيع المياه أرضاً متجانسة نسبياً ذات انحدار قليل. وقد تدرج الأراضي الزراعية (land grading) وتقسم إلى أحواض بإنشاء سدود للسماح بتخزين كمية كافية من المياه من أجل الموسم.كما يجب أن تكون التربة عميقة تتسم بمقدرة كافية على الاحتفاظ بالمياه.

وبما أن نظاماً كهذا يتطلب اختبار الموقع المناسب وجودة في تصميم المنشآت والقناة الناقلة وتنفيذها، فقد يستعان بخبرة أحد المهندسين. ويجب أن تكون المنشآت متينة بالشكل الكافي لمقاومة قوى الجريان وتكون على ارتفاعٍ كافٍ لتحويل القدر المطلوب من مياه السيول المتدفقة إلى الوادي. وقد استُخدمت مواد مختلفة لبناء منشآت التحويل، بما في ذلك الحجارة والإسمنت. وتعتبر أكثر المنشآت صموداً تلك المصنوعة من الصِماد (gabion) المملوء بالحجارة. ومن بين النقاط المهمة التي يجب أخذها بعين الاعتبار هي أن تسمح درجة انحدار قناة النقل بسرعة جريان كافية لمنع تراكم الرسوبيات بالقرب من المنشآت، وإلا ستعمل هذه الرسوبيات على إغلاق التدفق الأمر الذي يستلزم تكبد نفقات مرتفعة من أجل الصيانة.

الشكل رقم (38): نظم نشر المياه[156]



ثانياً: المتون الكبيرة Large bunds

يطلق على هذه المتون في تونس اسم طابيا، ويتألف هذا النظام من سدود ترابية تأخذ شكلاً نصف دائري، أو شبه منحرف، أو شكل الحرفV، ويصل طولها (المسافة مابين نهايتي كل متن) حوالي 10-100م بارتفاع يتراوح مابين 1-2م. وغالباً ما يتم عملها بشكل خطوط طويلة ومتعرجة مواجهة للجهة العلوية للمنحدر. وتكون المسافة في العادة على طول الكِفاف مابين المتون المتجاورة مساوية لنصف طول المتن. ويجب حماية نهايتي المتن من الإنـجراف فغالباً ما تكون سرعة جريان المياه كبيرة حولها. ويتم إنشاء المتون الكبيرة عادة بوساطة الآليات، ونادراً مايتم عملها يدوياً. وتستخدم هذه المتون لدعم الأشجار، والشجيرات، والمحاصيل الحولية، كما تستخدم لدعم الذرة الرفيعة، والدخن الصغير في منطقة جنوب الصحراء الإفريقية.

وتستطيع المتون الكبيرة ذات الشكل نصف الدائري تخزين كميات كبيرة من المياه، غير أنها قد تتعرض للتهدم إذا ماتعرضت إلى عواصف مطرية شديدة، الأمر الذي

[156] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 43

يتطلب التخطيط للسيطرة على المياه الفائضة. وإن أكثر الفترات حرجاً هي تلك التي تعقب إنشاء المتون مباشرة، وقبل استقرارها بشكل كامل. كما يجب إصلاح أي انهيار يحدث في المتن على الفور. وعلى اعتبار أن هذه النظم هي نظم غير تقليدية، فإن اعتمادها قد تعتريه المشكلات.

ثالثاً: الخزانات والحفائر Tanks and hafair

تتألف الخزانات عادة من أحواض ترابية يتم حفرها في الأرض في مناطق قليلة الانحدار تستقبل مياه الجريان القادمة إما من الوادي أو من منطقة مستجمع مائي كبير. وتعرف هذه الخزانات في أجزاء من جنوب إفريقيا باسم "البرك الرومانية"، ويتم بناؤها عادة بعمل جدران حجرية. وتتراوح الطاقة الاستيعابية لهذه البرك من بضعة آلافٍ من الأمتار المكعبة، وهنا يطلق عليها اسم الحفاير، إلى عشرات الآلاف من الأمتار المكعبة. وتعد هذه الخزانات شائعة جداً في الهند، حيث تدعم مايربو عن 3 ملايين هكتار من الأراضي المزروعة. أما في السودان، والأردن، وسورية، فتعتبر الخزانات الأصغر حجماً هي الأكثر شيوعاً وتستخدم بشكل رئيس لاستهلاك المياه من قِبل الإنسان والحيوان.

وترتبط بالحفاير العديد من المشكلات: إذ قد تتعرض المياه الراكدة للتلوث، وتصبح موقعاً لاستقطاب الحشرات، وبؤرة للأمراض. وبما أنها تفتقر إلى وجود السياج من حولها، فإنها تعد مصدر خطرٍ قد يسفر عن حوادث غرق تمس الإنسان والحيوان على حد سواء. كما يعد الفاقد المرتفع نتيجة التسرب والتبخر من المساوئ الأخرى لهذه المنشآت. وثمة تحسينات عديدة يتم تقديمها بين الفينة والأخرى للتغلب على هذه العوائق، تشمل عمل سياج وبطانة وأحواض للترسيب لهذه الخزانات .

رابعاً: الخزانات الأرضية Cisterns

هذا النوع من الخزانات هو أحواض محلية، يتم إنشاؤها تحت الأرض، وهي ذات طاقة استيعابية تتراوح من 10-500متر مكعب. ويتم فيها تخزين المياه ليصار إلى استهلاكها من قبل الإنسان والحيوان. وفي كثير من المناطق، كما في الأردن وسورية، يتم حفر هذه الخزانات في الصخور، وفي هذه الحالة تكون طاقتها الاستيعابية صغيرة في العادة. وفي الشمال الغربي من مصر، يقوم الزرّاع بحفر خزانات كبيرة (200-300 م^3) في رسوبيات التراب تحت طبقة من الصخر الصلد، إذ تشكل الطبقة الصخرية سقف الخزان، بينما تغطى الجدران بطبقة جصية كتيمة. أما الخزانات الإسمنتية الحديثة، فيتم إنشاؤها في مناطق لاتوجد فيها طبقة صخرية .

تجمع مياه الجريان من مستجمع مجاور أو تأتي عبر قناة من مستجمع بعيد. وعادة ما يُحول أول جريان لمياه الهطل المطري في الموسم بعيداً عن الخزان للتقليل من احتمال حدوث التلوث. وفي بعض الأحيان، يتم إنشاء أحواض للترسيب بهدف التقليل من كمية الرواسب، غير أن الزرّاع ينظفون الخزان عادة مرة في السنة أو مرة كل سنتين. أما الطريقة النموذجية لرفع المياه فتعتمد على استخدام الدلو والحبل.

ولاتزال الخزانات المصدر الوحيد لمياه الشرب بالنسبة للإنسان والحيوان في كثير من المناطق الجافة، كما أن لها دوراً حيوياً في الحفاظ على وجود السكان الريفيين في هذه المناطق. واليوم، غالباً ماتستخدم هذه الخزانات لدعم حدائق الدار، إضافة إلى تلبية المتطلبات المنزلية. أما المشكلات المرتبطة بهذا النوع من الخزانات فتشمل كلفة إنشائها، وطاقتها المحدودة، والرواسب، والمواد الملوثة التي تأتي من المستجمع .

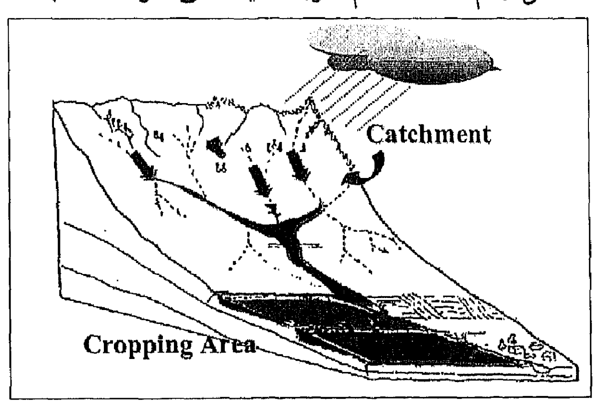
خامساً: نظم جريان المياه على طرف الهضبة Hillside-runoff systems

يطلق على هذه التقنية في الباكستان اسم سيلابا، أو كما أطلق عليها سابقاً اسم

سايلابا، وبها يتم توجيه مياه الجريان من خلال أقنية صغيرة إلى حقول منبسطة تقع عند سفح المنحدر. وتتم تسوية الحقول وإحاطتها بسدود صغيرة مع مفيض لتصريف فائض المياه إلى حقل آخر أسفل المجرى. وعندما تملأ الحقول التي تقع على سلسلة واحدة بالمياه، يسمح للمياه المتبقية بالتدفق إلى الوادي. وعندما يتم التخطيط لعمل أقنية عديدة رافدة، فإن أحواض التوزيع تكون على قدر من الفائدة. ويعتبر هذا النظام مثالياً لاستخدام مياه الجريان القادمة من المناطق الهضبية أو الجبلية الجرداء أو ذات النباتات المتناثرة.

ويتطلب عمل نظم أقنية جانب الهضبة تصميماً ملائماً، وعمالة مرتفعة، وربما قد تتطلب المساعدة من أحد المهندسين. ويجب أن يكون انحدار القنوات كافياً لمنع حدوث الترسيب، وإلا فإن تنظيفها عقب كل عاصفة مطرية شديدة يعد أمراً واجباً. كما تجب تسوية الحقول وإنشاء المفيضات عند ارتفاعات ملائمة لضمان توزيع متجانس للمياه. ويمكن استخدام هذه التقنية لري أي محصول تقريباً.


الشكل رقم (39): نظم جريان المياه على طرف الهضبة[157]



[157] حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، ص 48

أنظمة تصريف وتجميع "المياه" نظام الحصاد المائي" من الأسطح الغير نفاذة[158]

يتكون النظام من جزئين رئيسيين:

1. نظام تصريف مياه الامطار.
2. نظام جمع مياه الامطار.

نظام تصريف مياه الامطار

يتكون هذا النظام من العناصر التالية:

- المسقط المائي ومخرج الجريان المائي.
- صبة الميلان إذا كان السطح مستوياً.
- الميزاب Gutters وأنابيب التصريف العامودية.
- مصفاة فلتر على راس الميزاب.

وفي ما يلي وصف لهذه العناصر

- المسقط المائي ومخرج الجريان المائي:

هو سطح تجميع مياه الأمطار الساقطة والتي عادةً ما تكون أسطح المباني وقد تشمل المساقط المائية على المناطق الغير نفاذة حول المبنى مثل المناطق المبلطة أو الإسمنتية. ويراعى ما يلي للمساقط المائية:

- حصاد مياه الأمطار من سطح ترابي قد يؤدي إلى التلوث ولذلك يجب أن تستخدم هذه المياه لأغراض الريَ فقط. السطح الغير النافذ والأملس والنظيف يساهم في نوعية أفضل و كمية أكبر من المياه.
- يمكن معالجة الأسطح بتغطيتها بنوعية خاصة من الدهان لتقليل نمو البكتيريا على السطوح الخشنة.
- الإسفلت و الأسبستوس وبعض السقوف المدهونة قد تلوث مياه الأمطار بمواد سامة عند الملامسة

[158] أنظمة الحصاد المائي، jordan.usaid.gov

- يمنع إستخدام الحشو المكون من الرصاص لأن مياه الأمطار التي قد تكون حامضية بعض الشيء قد تسبب ذوبان الرصاص مما يؤدي إلى تلوث المخزون من الماء .

يجب أن يتم فحص البيوت والمباني القائمة بالكامل لوجود الرصاص في مراحل التخطيط لأي نظام تجميعي جديد لمياه الأمطار. يجب أن يكون المسقط المائي منحدراً بميل من 0.5٪ إلى 1٪ لضمان تدفق للمياه الجارية. ويوصى أن تكون النقطة المنخفضة لتجميع المياه في إحدى زوايا السطح حتى تخدم كل منطقة التجميع. أما في حالة الأسطح ذات المساحات الكبيرة أو الأشكال غير المنتظمة يمكن استخدام أكثر من نقطة منخفضة. يجب أن يغطى المخرج بمصفاة لمنع الأجسام الكبيرة من الدخول في النظام على أن يتم تنظيفها بانتظام.

- صبة الميلان

هنالك نوعان رئيسان:

- الصبة الإسمنتية العادية (غير المسلحة) وتتكون من الخرسانة العادية
- الخيش والزفتة: في حالة الحاجة إلى أوزان خفيفة على سطح المبنى حيث يتم استخدام عدة طبقات من الخيش.

ميلان الأسطح المستوية

1. يجب أن لا يقل انحدار السطوح المستوية عن 1٪ بحيث يسمح بتقليل الانحدار إلى 0.5 كحد أدنى بشرط تنفيذ الميول بدقة.
2. لا يسمح بوجود الانبعاجات والحفر.
3. يجب أن يكون هنالك تصوينة لتساعد على توجيه مياه الأمطار.
4. يجب أن تكون ميول السطوح في اتجاه فتحات التصريف مباشرة
5. يفضل دائماً استخدام أقصر المسارات لتصريف الأمطار.

أنواع خزانات التجميع:

- الخزانات العادية والتي غالباً ما تستخدم في المناطق الحضرية.

يمكن وضع الخزان فوق أو تحت مستوى سطح الأرض، حيث أن وضع الخزان فوق سطح الأرض يقلل من تكلفة التركيب التي تحتاج إلى حفر ونقل الأتربة الناتجة عن الحفر وتسهيل في عملية الصيانة للخزان، أما الخزانات التي تكون تحت الأرض تستفيد من التبريد على مدار السنة وتكون دراجات الحرارة فيها مساوية للأرض، لزيادة الفعالية يجب أن يكون الخزان أقرب ما يمكن من نقاط تزويد وطلب المياه، لاستغلال الجاذبية الأرضية و تخفيض الجهد على المضخة، يجب أن يركب الخزان على أعلى مستوى. ينصح باختيار موقع قريب من الظل لأن أشعة الشمس المباشرة تعمل على تسخين مياه المطر المخزونة في الخزان مما فد يؤدي إلى نمو الطحالب و البكتيريا، والتي تؤثر على جودة المياه. يجب أن يبعد الخزان 15 متر عن مصادر الملوثات أو الحفر الامتصاصية إذا كان الصهريج تحت مستوى سطح الأرض. يجب أن يأخذ موقع الخزان في الاعتبار إمكانية الحاجة إلى إضافة الماء إلى الخزان من مصدر آخر مثل مياه الصهاريج. لذلك يجب أن يوضع الخزان في موقع يسهل وصول الشاحنات الناقلة للماء إليه , ومن المفضل أن يكون بالقرب من مدخل الموقع إذا أمكن. المواصفات الرئيسية للخزانات:

1. يجب على الخزان أن يكون ذا جودة عالية ومتين من الخارج، ونظيف وأملس من الداخل.
2. يجب أن يكون الغطاء محكم لمنع التبخر و تكاثر البعوض، ولمنع الحشرات والطيور والزواحف والقوارض من دخول الخزان.
3. يستحسن تخصيص أنبوب تدفق لمصدر المياه البديل.
4. يجب أن تحجب الخزانات عن الشمس حتى تمنع نمو الطحالب فيها.

5. يوصى بتصميم حجرة ترسيب تسمح بترسب الأجسام العالقة في المياه في قعر الخزان.
6. من الممكن استعمال نظام متعدد الخزانات لكي يبقى النظام يعمل في حال إغلاق أحد الخزانات بسبب الصيانة أو التنظيف.
7. من الضروري تصميم أساس إنشائي مناسب حتى يستطيع أن يتحمل وزن الخزان.
8. لضمان التشغيل الفعال والآمن للنظام يجب القيام بالصيانة الدورية.

- آبار الجمع (الأنجاصة) والتي غالباً ما تستخدم في المناطق الغير الحضرية.

مكونات البئر اللازم لجمع المياه سعة 30م هي كما يلي:

1. جسم البئر (الحفرة).
2. حوض التجميع.
3. حوض الترسيب.
4. غطاء البئر.
5. جسم البئر

يتم حفر الأرض بقطر 1م والحفر بشكل مخروطي نزولاً حتى عمق 1.5 وذلك لعمل أسطوانة الرقبة، وتبطين هذه الرقبة بالحجارة والإسمنت بدءاً من 30سم فوق سطح الأرض ونزولاً حتى عمق 1.5م وذلك لتدعيم جوانب البئر، يتم الاستمرار بالحفر بشكل مخروطي بحيث يتحقق مع زيادة العمق 1م اتساع مقداره الضعف باتجاه أسفل البئر حتى يصل العمق الإجمالي 6.4م وبحيث يكون قطر قاعدة البئر 4.7م.

بعد الإنتهاء من أعمال الحفر يتم تبطين جوانب البئر وإزالة الترابية والصخور المتفككة أما الفجوات في جسم البئر فتتم تعبئتها ب (الإسمنت – الرمل الأبيض الناعم) بنسبة 1:3.

معوقات حصاد المياه في الوطن العربي[159]

تبذل الدول العربية جهوداً كبيرة لتنمية وتطوير وترشيد استخدام مواردها بما في ذلك استخدام تقانات حصاد المياه. هذه الجهود لا زالت تواجه بجملة من المشاكل والمعوقات والمتمثلة في المعوقات الطبيعية والمعوقات الفنية والمعوقات الإدارية والتنظيمية والمعوقات التمويلية.

- المعوقات الطبيعية:

تتمثل المعوقات أو المشاكل الطبيعية في الظواهر التالية: التبخر، والرشح أو التسرب، وانجراف التربة، والإطماء. وكل هذه الظواهر لها مردودات سلبية في كثير من الأحيان خاصة في كميات المياه المخزونة. وفيما يتعلق بظاهرة التبخر يمكن أن تفقد بحيرة السد أكثر من 50٪ من طاقتها التخزينية. والظواهر الأخرى الأكثر تأثيراً هما ظاهرتي انجراف التربة والإطماء، بالإضافة إلى تأثيرها على فقد التربة الخصبة فإن الإطماء ببحيرات السدود قد يؤدي إلى فقدان معتبر في سعتها التخزينية، بالإضافة إلى التأثير على نوعية المياه. وتجري العديد من الدول، وذلك بناءاً على ما ورد في دراسات الحالات الوطنية، بحوثاً حول التقليل من التأثير السلبي لهذه الظواهر.

- المعوقات الفنية:

وهذه بالأساس تتشكل في الكادر الفني وغياب إلى حد كبير دور الفريق متعدد التخصصات. وتشير بعض الدراسات إلى قلة الكوادر العلمية والفنية في مجال تقانات حصاد المياه إلى هجرة الكوادر لأسباب عديدة منها الاقتصاديات ومنها ما يتعلق بالبحث عن مزيد من المعرفة. بالإضافة إلى ذلك فهنالك نقص في معدات العمل والأجهزة المختبرية المتعلقة بجمع البيانات وحفظها وتحليلها. وبصورة عامة فإنه يمكن القول بأن استخدام التكنولوجيا الملائمة ما زال

---

[159] http://www.alkheeer.com

محدوداً في معظم الدول العربية وذلك بسبب التباطؤ في إدخال مستجدات العلم والتقانة الملائمة إلى قطاع المياه، وتوفر بنوك المعلومات، وخبراء النمذجة الرياضية، وأنظمة الحاسب مما يعيق تطور هذا القطاع. ويمكن ملاحظة تأثير ذلك على الجوانب التالية: عدم توفر المعطيات الهيدرولوجية والمناخية الدقيقة اللازمة للتصميم، عدم وجود تقييم لمشاريع حصاد المياه المنفذة سابقاً، عدم وجود بيانات إحصائية سنوية معتمدة للمعلومات والبيانات الخاصة بالموارد المائية إلا في عدد قليل من الدول العربية، علماً بأن هذه البيانات السنوية هي الوسيلة الفعالة المتبعة في جميع أنحاء العالم لتوفير معلومات يمكن الاعتماد عليها.

- المعوقات التنظيمية والإدارية:

على حسب ما ورد في الدراسات الوطنية فإنه من الواضح أن معظم تقانات حصاد المياه إن لم تكن كلها تستخدم لتنمية المجتمع الريفي وذلك بالاستغلال الأمثل لمياه الأمطار في الزراعة أو استخدامات مياه الشرب، وبالتالي الحد من الهجرة والتقليل من البطالة. وأن تبعية النظم الإدارية والمسؤولة عن تنمية وتطوير تقانات حصاد المياه تختلف بين دولة عربية وأخرى. فمثلاً في السودان وعند بدايات استخدام تقانات حصاد المياه بصورة مكثفة كانت تبعية عمل هذه الانشاءات لما يسمى هيئة توفير المياه والتي كانت هيئة اعتبارية مستقلة. وقد كانت هذه الهيئة تضم كوادر بتخصصات متعددة تشمل المهندس المدني، المساح، الجيولوجي ... الخ. وقد لعبت الهيئة دوراً كبيراً في النمو بالريف من خلال استخدام تقانات حصاد المياه خاصة الحفائر والسدود والمنشآت المتعلقة بها. ومنذ تطبيق الحكم الفدرالي وتقسيم السودان إلى حوالي 26 ولاية فقد توزعت الهيئة إلى الولايات وجزء منها أصبح يتبع لوزارة الري والموارد المائية، فيما يعرف بالهيئة القومية للمياه، والتي من مسؤوليتها التخطيط لاستخدامات

المياه بالريف والحضر وإدارة المياه الجوفية والوديان والتي انحصر دورها في الدراسات وإجراء البحوث المتعلقة بمياه الأودية والمياه الجوفية، وإدارة السدود التي تتبع لإدارة المشروعات لوزارة الري والموارد المائية. أما فيما يتعلق بالنظام الولائي فتوجد هيئة ولائية للمياه ذات شخصية اعتبارية تضم هيئة مياه المدن وهيئة مياه الريف وتتبع لوزير التخطيط العمراني والمرافق العامة بالولاية.

وتتمثل أهم المعوقات في التسلسل الإداري الطويل بجانب عزوف الكادر المؤهل عن العمل في هذه الهيئات لعدم وجود المرتبات المجزية. هذا بالإضافة إلى الصراع غير المعلن بين الوزارات ذات الصلة (الري – الزراعة – الولاية) حول من هو الأولى ليقوم بأعمال التصميم والتنفيذ وتشغيل وصيانة هذه المنشآت. ويشير تقرير اليمن إلى أن المعوقات التنظيمية والإدارية تتمثل في غياب المؤسسات ذات الكفاءة لتنمية وتطوير تقانات حصاد المياه حيث يتمثل ذلك في الآتي: عدم وجود الخبرات وتأثير ذلك على الإنتاجية وصيانة منشآت تقانات حصاد المياه، عدم اكتمال الدراسات والأبحاث في أوقاتها المحددة، عدم مطابقة الدراسات لواقع المناطق، عدم التزام الجهات المنفذة بالتزاماتها، تعثر تنفيذ بعض المنشآت بسبب تضارب المصالح، قلة الأيدي العاملة القادرة على الصيانة الدورية، عدم وجود التشريعات وضعف آليات فرض القوانين.

وفي سوريا تتعلق المعوقات ذات الصلة بالجوانب الإدارية والتنظيمية في الآتي: عدم توفر الأيدي العاملة الخبيرة لاستثمار وصيانة منشآت حصاد مياه الأمطار، عدم التنسيق بين الجهات الحكومية المختلفة المشاركة في الدراسة والتنفيذ والاستثمار، عدم كفاية البنية التحتية اللازمة لتطوير مشاريع حصاد مياه الأمطار، ضعف الوعي المائي والبيئي، وغياب النظرة التكاملية.

وفي الأردن فإن من أهم المشاكل التي يمكن أن تواجه تنفيذ مشاريع الحصاد المائي على مستوى الأحواض والمساقط المائية الكبيرة، هي تضارب المصالح

بين سكان الجهة العليا والسفلى للمسقط المائي، ومن المشاكل الأخرى أيضاً التي تواجه عملية تنمية تقانات حصاد المياه واستخدام المياه المحصودة هي القوانين والتشريعات القائمة بسبب مرور عدة عقود من الزمان على وضعها، بحيث أصبحت حالياً غير متجانسة مع الوضع الاجتماعي والاقتصادي الحالي الذي تطور بشكل سريع في الأردن، حيث تزامن ذلك مع الأحداث السياسية في المنطقة من هجرات، وكذلك مع أحداث اقتصادية.

وفي المغرب فإن من أهم المعوقات وأكثرها تأثيراً على نجاح أو فشل مشاريع حصاد المياه هي المعوقات السياسية والاجتماعية (الانتخابات) والتي تطغى قراراتها في أغلب الأحيان على الاختيارات التقنية، ولهذا تشير التجربة المغربية أن عدداً كبيراً من الإنجازات في هذا الميدان باءت بالفشل أو في أحسن الأحيان لم تصل نسبة الاستفادة منها إلى 10٪ أو 20٪.

المعوقات التمويلية:

تعتبر التنمية بجوانبها البيئية والاجتماعية المتشعبة عملية معقدة وذات تكلفة عالية ولا يمكن تحقيقها دون الإلتزام الكامل من قبل الدول النامية أو دون سخاء للدول المانحة. ومن معوقات التنمية حالياً (وبشكل عام) هو ما قامت به الدول المانحة من تخفيض للمبالغ والمشاريع التي تمولها، مما يجعل العملية التنموية تزداد صعوبة. كذلك فإن العملية التنموية تحتاج إلى إستمرارية زمنية لتحقيق أهدافها (التي يمكن لها أن تتم بين عشية وضحاها)، وفي المقابل فإن معظم المشاريع التنموية تكون لفترات محددة (قصيرة الأمد) نظراً لحاجة هذه المشاريع لمبالغ كبيرة ترهق الدول المانحة والدول النامية في نفس الوقت، وعدم ديمومة هذه المشاريع يؤدي إلى عدم الوصول أو تحقيق الأهداف المطلوبة. فمن المعلوم أن أعمال السدود تحتاج إلى مكونات مالية ضخمة وذلك للإنفاق في إعداد الدراسات والتي تشمل الدراسات الفنية والجدوى الاقتصادية بالإضافة

إلى إنفاق الجزء الأكبر من المكونات المالية للقيام بإنشاء أو بناء السدود، ويمثل الجانب المالي عائقاً رئيسياً في عدم استمرارية مثل هذه المشاريع التنموية. إن افتقار هذه المشاريع التنموية للاستمرارية يؤدي غالباً إلى عدم قدرة المجتمعات المحلية للاستمرارية في إدارتها، وأحياناً قد يؤدي ذلك إلى نتائج سلبية تنتهي بتوقف المشروع كلياً عندما تكون هذه المشاريع قد بينت أساساً بدون دعم المجتمعات المحلية نظراً لعدم قناعتهم بها. وتشير كل التقارير الوطنية إلى أن الميزانيات المعتمدة من قبل الدول العربية لتنمية تقانات حصاد المياه أو بغرض التشغيل والصيانة لا تفي بهذه الأغراض. وقد انعكس ذلك سلباً على كفاءة أداء تقانات حصاد المياه وربما جزء منها غير باليسير قد توقف تماماً. وبناءاً على تحديد لمجالات تطوير تقانات حصاد المياه المتمثلة في الجوانب الفنية والتقنية ، والمؤسسية وبناء القدرات (التدريب والتأهيل ، التوعية والإرشاد) والجوانب البحثية والتشريعات والسياسات فان الرؤى المستقبلية لتعزيزاستخدام تقانات حصاد المياه في الدول العربية يمكن أن تتمثل في الموجهات التالية:

- تشجيع التعاون العربي لتعزيز استخدام تقانات حصاد المياه.
- تعزيز دور المنظمات الاقليمية والعربية لتطوير نظم حصاد المياه.
- إعداد قاعدة بيانات مناخية وهايدرولوجية على مستوى الوطن العربي .
- تعزيز استخدام التقانات الحديثة كالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.
- نشر الوعي المائي والبيئي بين قطاعات المجتمع.

تشجيع التعاون العربي لتعزيز استخدام تقانات حصاد المياه[160]

جدير بالذكر أن العديد من الدول العربية، قد حققت إنجازات على مستوى البحث والتطبيق في مجال استخدام تقانات حصاد المياه، وأصبح هناك تراكماً للمعطيات والنتائج والمعايير والتي تعتبر بمثابة قاعدة مذهلة لتبادل الخبرات وأيضاً الاستثمار خاصة فيما يتعلق باستخدام تقانات حصاد المياه بغرض ري المزروعات. وهنالك عدة أنشطة يمكن أن تشكل نواة لتشجيع التعاون العربي وذلك لتعزيز استخدام تقانات حصاد المياه. وتشكل هذه الأنشطة الجوانب التالية:

- تطوير الدراسات والبحوث في مجال تقانات حصاد المياه.
- تدريب وتنمية الموارد البشرية.
- توسيع نطاق استخدام تقانات حصاد المياه.

فيما يتعلق بتطوير الدراسات والبحوث في مجالات تقانات حصاد المياه فإن البحوث والتطور التقني والتبادل التكنولوجي تعتبر عناصر هامة في تعزيز استخدام تقانات حصاد المياه. وكلها تعني البحث بعناية عن تحسين أو تبني طرق وتقنيات أو استخدام أجهزة لتحسين إدارة مياه الأمطار من حيث الكمية والنوعية. والمجالات التي تدخل ضمن هذا النطاق تتضمن الآتي:

- تصنيف تقانات حصاد المياه على ضوء صلاحيتها وكفاءتها من منظور الهطل المطري والموقع الجغرافي وطبوغرافية وجيولوجية المنطقة.
- تحديد مدى ملائمة البدائل المقترحة للتراكيب المحصولية والأنماط المزرعية لتقانات حصاد المياه.
- إجراء البحوث في إمكانية زيادة كفاءة الطرق المستخدمة لحصاد المياه وإمكانية استخدامها في الري التكميلي على نطاق واسع.
- تقليل الفواقد المائية الناتجة عن استخدام تقانات حصاد المياه.

---

[160] بركات، رؤية مستقبلية لتعزيز استخدام تقانات حصاد المياه، http://www.agri-idleb.com

- إجراء البحوث في مجال التوسع في استخدام تقنيات حصاد المياه لزيادة المياه الجوفية.
- تطوير طرق تقدير وخفض الفواقد المائية خاصة التبخر من المسطحات المائية.

أما الجانب الآخر والمتمثل في تدريب وتنمية الموارد البشرية كأحد العناصر في تشجيع التعاون العربي لتعزيز استخدام تقانات حصاد المياه، فإن ندرة الموارد المائية في المنطقة العربية تستدعي إيلاء اهتمام أكبر وخاص لتنمية القدرات البشرية العربية. خاصة وأن النقص في الكادر الفني وقلة التدريب هي أسباب قد تعوق توسيع نطاق استخدام تقانات حصاد المياه. ويتضمن تدريب وتنمية القدرات البشرية التالي:

- إقامة دورات تدريبية إقليمية حول تخطيط وتصميم وتشغيل وصيانة تقانات حصاد المياه أي تدريب المدربين.
- إقامة الندوات وورشات العمل والمؤتمرات لتبادل الخبرات في مجال تقانات حصاد المياه.
- تدريب العاملين على المستوى القطري في كيفية استخدام التقانات المتعلقة بحصاد المياه وأيضاً التقانات المناسبة لجمع البيانات والطرق المتقدمة في حفظ ومعالجة هذه البيانات ذات الصلة.

وفيما يتعلق بتوسيع نطاق استخدام تقانات حصاد المياه فيعتمد ذلك بالأساس على توفير المال اللازم واعتماد ميزانيات بالأقطار العربية وتشجيع الاستثمار في هذا المجال. وقد أثبتت هذه الدراسة أن هنالك مجموعة فوائد لاستخدام تقانات حصاد المياه والمتمثلة في:

- الفوائد الاجتماعية والاقتصادية.
- الفوائد البيئية.

وأن هنالك العديد من الدول العربية لديها هطل مطري معتبر يضيع هدراً ، لكنه يمكن أن يستغل بصورة أفضل إذا ما وجد التمويل اللازم خاصة وأن بعض الدول العربية لديها من الإمكانيات المادية الكبيرة ما يمكنها من الاستثمار في هذا المجال.

تعزيز دور المنظمات الإقليمية والعربية لتطوير نظم حصاد المياه
توجد مجموعة من المنظمات الإقليمية والعربية والتي تعمل في مجال الموارد المائية بصورة أو أخرى ومن ضمن هذه المنظمات بالإضافة إلى المنظمة العربية للتنمية الزراعية، و منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو)، المنظمة العربية للتربية والعلوم والثقافة (اليسكو)، منظمة اليونسكو، البرنامج الانمائي للأمم المتحدة (UNDP)، المركز العربي لدراسة المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ايكاردا)، المنظمة الاسلامية للتربية والعلوم والثقافة (ايسسكو)، الايسكوا (ESCWA) ، الصندوق الدولي للتنمية الزراعية IFAD.

وتقوم هذه المنظمات في كثير من الأحيان بترقية وتطوير الأداء الزراعي بشقيه المطري والمروي بصورة عامة في الدول العربية من خلال وضع البرامج وتنفيذها ضمن خطتها السنوية. ويمكن أن تلعب هذه المنظمات دوراً هاماً في المستقبل فيما يتعلق بتطوير وتعزيز استخدام تقانات حصاد المياه في الجوانب التالية:

- اجراء الدراسات الفنية والاقتصادية.
- عقد الدورات التدريبية والمؤتمرات والندوات العلمية.
- تقديم المعونات والاستشارات الفنية.
- توثيق المعلومات ونشر الاحصاءات.
- تنفيذ مشاريع الحصاد المائي.

ومن المعروف أن المنظمة العربية للتنمية الزراعية تبذل جهوداً مكثفة لاستقطاب العون الفني واستنفار الدعم المالي والمؤسسي من العديد من الهيئات والمنظمات الانمائية الدولية كمعهد التنمية الاقتصادية للبنك الدولي والصندوق الدولي للتنمية الزراعية (ايفاد) والبرنامج الإنمائي للأمم المتحدة (UNDP) ومنظمة الاغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) ، ويمكن أن يساهم ذلك في تعزيز استخدام تقانات حصاد المياه في المنطقة العربية.

إعداد قاعدة بيانات مناخية وهيدرولوجية على مستوى الوطن العربي

يعتبر توفير البيانات المطلوبة لاستخدام تقانات حصاد المياه العامل الضروري والهام لتعزيز وتوسيع انتشار تقانات حصاد المياه في المنطقة العربية. وعموماً فإن نجاح أي مشروع يتوقف على مدى دقة هذه البيانات وسرعة إرسالها في الوقت المناسب، وتوفرها لكافة مستخدميها لاتخاذ القرار السليم.

وحالياً وفي كثير من الدول العربية فإن الطريقة المستخدمة في جمع البيانات المناخية والهيدرولوجية هي الطريقة التقليدية، والمتمثلة في الطريقة اليدوية التي تعتمد على العامل البشري في قراءة البيانات وإعدادها، وإرسالها للمسؤولين عن إدارة المياه بطرق مختلفة (البريد ، الاتصال التلفوني ، الفاكس ..) . وكثيراً ماتتأخر هذه البيانات أو تكون غير مكتملة بحيث يأخذ إكمالها زمناً ليس بالقصير. لذلك فقد أصبح لزاماً على العاملين في مجال تنمية الموارد المائية الاعتماد على طرق علمية حديثة لتجميع هذه البيانات بالدقة والسرعة المطلوبة من خلال شبكة للرصد يتم تصميمها، بحيث تتيح توفير كافة البيانات اللازمة لإدارة الهطل المطري، وأحواض الأودية، والتي قد تشمل البيانات المتعلقة بالأمطار ومناسيب وتصاريف المياه بالأودية والمجاري المائية ونوعياتها، كما تشمل أيضاً كافة البيانات المناخية اللازمة لحساب الاحتياجات المائية المختلفة على مدار العام.

ولقد كان لتطور أساليب تخزين وتداول وتحليل البيانات بإستخدام النظم المعلوماتية الجغرافية (GIS) أثره الهام في توفر تكنولوجيا متطورة توفق ما بين البيانات وتحليلها وربطها بمواقعها الجغرافية بما يؤدي إلى إعداد خرائط مساحية دقيقة إلى جانب رصد التركيب المحصولي والاحتياجات المائية للمحاصيل التي يتم اختيارها.

ومن ناحية أخرى فإن قيام الجهات العاملة في إدارة وتنمية واستخدام مياه الأمطار بإدخال الحاسبات الآلية واستخداماتها وتدريب العاملين بها على استخداماتها وتطبيقاتها، يعد بمثابة البنية الأساسية لكل مشاريع التطوير والتحديث وإدخال التكنولوجيا في هذا المجال.

لقد شهد العالم خلال العقد الأخير ثورة كبرى في مجال الحاسبات الالكترونية أو الحاسوب، وقدراتها الفائقة على تخزين المعلومات وسهولة استرجاعها، أو معالجتها وخاصة الرياضية المعقدة، من الممكن أن تشكل حافزاً قوياً للدول العربية للاستفادة من هذه الوسيلة المفيدة في تصميم البرامج الرياضية، التي يتم تشغيلها على الحاسبات الآلية لدراسة البدائل الممكنة للاستخدام الأمثل للمياه المحصودة أو للموارد المائية عموماً وتحديد أفضلها حيث تعتبر هذه الوسيلة من أحدث الوسائل التكنولوجية لإدارة المياه كماً ونوعاً لما توفره من سرعة الأداء ودقة تحليل النتائج واستنباط الحلول الممكنة.

ويعتبر التنبؤ بالموارد المائية المتاحة في المستقبل القريب والبعيد من أهم العناصر التي تؤدي إلى تعزيز استخدام تقانات حصاد المياه، لذا فإنه على ضوء التطور الهائل في أجهزة الحاسبات الآلية من حيث سعات التخزين الهائلة وسرعة المعالجة الفائقة، وأيضاً التقدم المستمر في تطوير أساليب الاستشعار عن بعد بواسطة الأقمار الصناعية المتعددة وما تتيحه من صور جوية وأرضية زاخرة بالمعلومات الهامة، فإنه يصبح من الممكن القيام بالتنبؤ الهيدورميترولوجي.

وانطلاقاً مما سبق، فإن اقتناع أقطار الوطن العربي بضرورة تنظيم أجهزتها المختلفة لاستخدام الكم الهائل من البيانات المتاحة في مجالات الموارد المائية واستخداماتها شاملاً ذلك كيفية استخدام تقانات حصاد المياه يصبح ضرورة قصوى وذلك بإنشاء مراكز متخصصة للمعلومات المناخية والهيدرولوجية وتتيح البيانات اللازمة لتنمية تقانات حصاد المياه وتيسير تداولها بين الأجهزة المختلفة. ويمكن أن يتم ذلك عن طريق استخدام شبكة اتصالات تعد لهذا الغرض، بما يؤدي إلى تعظيم الاستفادة من المعلومات المتاحة داخل الدول، كما تتيح تنسيق وتبادل المعلومات المائية بين أقطار الوطن العربي فيما يتعلق بالتجارب الناجحة في مجال إدارة وتنمية مياه الأمطار بين هذه الدول.

تعزيز استخدام التقانات الحديثة كالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية:

من بين التقانات الحديثة التي أفرزتها ثورة المعلومات وعلوم الفضاء، تقانات الاستشعار عن بعد التي وظفت بكفاءة عالية لميزاتها المتعددة وبخاصة في دراسة الموارد الطبيعية والتي من ضمنها الموارد المائية. وقد برهنت هذه التقانات جدواها العالية علمياً وتطبيقياً في دراسة قطاع المياه الذي يتميز بالهطل المطري والفيضانات، ومناطق الجفاف، الأمر الذي يستدعى الاستمرار والمراقبة والتقويم لتسهيل عملية الإدارة والمحافظة على هذه المياه. ولعل المعطيات الفضائية من بين أفضل الوسائل التي استخدمت لتحقيق ذلك الهدف، لما تتميز به من دقة شمولية وتعددية طيفية تكرارية زمنية ومكانية.

ويعتبر الاستشعار عن بعد هو علم في استخدام أجهزة تحسس للإشعاعات الكهرومغناطسية لتسجل الأطياف Images الخاصة بالبيئة والتي يمكن تفسيرها وتحليلها لإنتاج معلومات والوصول إلى نتائج مفيدة، بينما نظام المعلومات الجغرافية هو نظام معلومات يعتمد على استخدام الحاسبات في تخزين وتحليل وعرض المعلومات، وفي إنتاج المخططات والخرائط ذات البيانات المكانية أو

الجغرافية بالشكل والمقياس المناسبين، وفي نظام المعلومات الجغرافية، يرتبط المعلم المكاني أو الجغرافي (الهدف المدروس) بالمعلومة الوصفية التي تمتاز بها. ويتم تطبيق منهجية نظام المعلومات الجغرافية من خلال تقاطع مجموعة من الشرائح أو الخرائط بمساعدة الحاسب الآلي والبرامج المتخصصة التي تستفيد من قاعدة البيانات ذات الصيغة الرقمية والمخزنة في ذاكرة الحاسب الآلي المستعمل لهذه الغاية.

ويمتاز نظام المعلومات الجغرافية بإجاباته على الاستفهامات والتساؤلات والاستعلامات التي تحمل في مضمونها طبيعة الاستفسار ولما كانت هذه الميزة وطبيعة هذه الأسئلة تهم الاختصاصات المتنوعة والمتعددة، فإن تطبيقات هذا النظام أيضاً متعددة ومختلفة. ومن الميزات الهامة الأخرى التي يمتاز بها هذا النظام قدرته وقوته في عمليات النمذجة، التي تعتبر من الغايات والأهداف الأساسية من استخدام النظام.

وانطلاقاً مما سبق فإنه يمكن اعتبار أن تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية أحد الأدوات والتقنيات التحليلية القوية والفعالة بالنسبة لمتخذي القرار والمخططين لاستخدام طرق حصاد المياه، حيث تستعمل هذه التقنية الحديثة (الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية) لإنتاج واشتقاق مجموعة معطيات إضافية. فمثلاً هي تستخدم خرائط درجات الأراضي والتضاريس وأنواع الترب بجانب خرائط المناخ (تساقط مطري ، رطوبة ،، حرارة وغيرها) في إنتاج واشتقاق خريطة ملائمة عن الأراضي لأنواع متعددة من الاستعمالات (تقنية حصاد مياه ، طريقة ري معينة أو زراعة محاصيل معينة). وفي هذا الإطار فإن تطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في استخدام تقانات حصاد المياه يمكن أن تغطي المجالات التالية:

- تحديد طبوغرافية الأرض

- إعداد الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية.
- تصنيف التربة.
- مراقبة الهطول المطري ورصد التغيرات المناخية.
- التخطيط لاستخدامات الأراضي.
- تقدير مياه الهطل المطري والأودية والسيول والتبخر والنتح.
- تقدير المساحات المزروعة.
- تحديد المياه الجوفية ودراسة مواقع السدود.
- التوصل إلى نموذج رياضي لإدارة المياه المحصودة.

نشر الوعي المائي والبيئي بين قطاعات المجتمع

عموماً فان لمحدودية الحملات الإرشادية في مجال استخدام المياه بالوطن العربي أثر سلبي ساهم في هدر كميات كبيرة من المياه مما يشير إلى أهمية تكثيف الجهود تجاه الحملات الإرشادية في هذا المجال وبما يتناسب مع محدودية الموارد المائية وأهمية ترشيد استخدامها.

وقد ورد في كثير من دراسات المنظمة العربية للتنمية الزراعية المتعلقة بترشيد ورفع كفاءة استخدام الموارد المائية في ما يمارس حالياً في مجال الإرشاد أو التوعية المائية ، يمثل في أحسن الظروف الحدود الدنيا لهذا النوع من الارشاد أو التوجيه. ويستوجب ذلك تعزيز المشاركة الشعبية والتوعية المائية في مجال المياه إلى وظائف الإرشاد التقليدية التي لا يزال دورها وأنشطتها قاصراً على مجال المدخلات الزراعية. يلزم التأكيد في هذا الصدد على أن التوعية المائية تتطلب تنظيماً متطوراً يسمح بنقل المعرفة في مجال تقانات حصاد المياه وتنظيم استخدامها بكفاءة. ويمكن لهذا التنظيم أن يقوم بالمهام التالية:

- اختيار مجموعة من المستفيدين وتدريبهم على استخدام تقانات حصاد المياه.

- توجيه المستفيدين خاصة مستخدمي مياه الحصاد للأغراض الزراعية لعمل التسوية اللازمة للأرض سواء على نطاق واسع أو نطاق ضيق للتغلب على التعرجات السطحية للأرض والتي تسبب تراكم المياه على سطح الأرض وبالتالي فقدها بالتبخر.
- التوجيه بالنسبة للاستخدام المشترك والمتكامل للمصادر المتاحة من المياه (على مستوى المسقط المائي) وتقديم المشورة بالنسبة لاستخدامها بشكل متكامل لسد الاحتياجات المطلوبة لأي منطقة لتحسين كفاءة المصادر المختلفة والمحافظة عليها إلى جانب الحصول على أقصى إنتاج ممكن.
- نشر وسائل تقنيات متطورة لحصاد الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة ليتم استخدامها بواسطة المزارعين أو بواسطة جمعيات أو منظمات تعاونية لما يمثل ذلك من أهمية في زيادة الإنتاج وتحسين الإنتاجية.
- القيام بدور الوسيط الفعال بين مراكز البحث العلمي المتخصصة والفلاحين في نقل نتائج البحوث وبصورة مبسطة وسهلة إلى جانب تدريبهم على الممارسة والتعامل مع التكنولوجيا المتقدمة وتشغيلها واستثمارها.
- القيام بحملات إرشادية مكثفة وذلك عن طريق إعداد وثائق ومواد إعلامية من خلال أشرطة الفيديو لتوضيح تجارب الآخرين في استخدام تقانات حصاد المياه وتبيان محاسنها وطرق تفادي سلبياتها.
- إعداد لقاءات تنويرية عن أهمية استخدام تقانات حصاد المياه في دعم المصادر المائية، للسياسيين ومتخذي القرار شاملاً ذلك الجهات التشريعية والتنفيذية والقانونية.

- التوعية بصورة عامة بأهمية الموارد المائية ووجوب المحافظة عليها من عوامل التبديد على المستوى القومي وإيضاح ندرتها وأهميتها على المدى القريب والبعيد.

معالجة المياه الرمادية

يمكن تقسيم مياه الصرف الصحي المنزلية إلى قسمين: الأول يُسمى المياه السوداء ومصدرها مياه المراحيض ومياه المطبخ وهي مياه (Blackwater). تحتوي على كمية كبيرة من الممرضات كما تحتوي على تركيز عالٍ من المواد العضوية بالإضافة إلى عناصر أخرى أهمها النيتروجين والفوسفور. أما القسم الثاني من مياه الصرف وهي الناتجة عن مياه الاستحمام (Greywater) الصحي المنزلية فيُسمى المياه الرمادية [(الدُش والبانيو) ومياه الغسيل ومياه المغاسل].

يشير مصطلح المياه الرمادية إلى مياه الصرف الصحي التي لم تختلط مع مياه المراحيض أو مياه المطبخ وبالتالي يكون محتواها فقط من مياه الاستحمام (الدُش والبانيو) والمغاسل والغسالات. وقد سُميت بالمياه الرمادية لأنها فيما لو تُركت فترة من الوقت فإن لونها سوف يتحول إلى اللون رمادي. يختلف مصدر المياه الرمادية باختلاف المناطق والدول فبعض الدول والمنظمات البيئية تعتبر أن مياه المطبخ جزءاً من المياه الرمادية، وفي هذه المراجعة الخاصة بإقليم شرق المتوسط لن تُعتبر مياه المطبخ مصدراً من مصادر المياه الرمادية.

تتنوع كمية مياه الصرف الصحي المنزلية التي تنتج من قبل أي أسرة بناء على عوامل عديدة منها: عدد الأفراد الذين يعيشون في المنزل وأعمار الأفراد ونمط حياتهم كما تعتمد على نمط استهلاك المياه وثمنها.[161]

---

[161] مراجعة شاملة للآثار الصحية الناجمة عن إعادة استعمال المياه الرمادية، WHO، 2003، ص 1

أسباب الاستفادة منها:

1. قد أظهرت بعض الدراسات أن معدل كمية المياه الرمادية التي تنتج لنشاطات أخرى لا تحتاج إلى مياه ذات جودة عالية كما هي في مياه الشرب ففي مثل هذه الحالات يمكن استخدام المياه الرمادية كبديل.
2. تقليل الحمل على الحفر الامتصاصية: كثير من المدن والمناطق تكون غير مخدومة بنظام للصرف الصحي، بحيث يوجد في كل منزل حفرة امتصاصية تتجمع فيها مياه الصرف الصحي الخارجة من المنزل. وفي مثل هذه الحالة فإن إعادة استخدام المياه الرمادية يقلل من الحمل على هذه الحفر. أما في المناطق المخدومة بنظام صرف صحي فإن إعادة استخدام المياه الرمادية يقلل من الضغط على شبكة الصرف الصحي وبالتالي يمكن ربط عدد أكبر من السكان على شبكة الصرف الصحي بدون أي تعديل على خطوط الشبكة.
3. استغلال العناصر الغذائية في المياه الرمادية في نمو النبات وتقليل كلفة استخدام الأسمدة: حيث تحتوي المياه الرمادية على كثير من العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات، فإذا تم استغلال المياه الرمادية بصورة صحيحة ومدروسة أمكن استغلال هذه العناصر في تقليل استخدام الأسمدة الصناعية الأمر الذي يؤدي إلى تقليل كلفة المنتج الزراعي، وهو ما يعتبر مكسباً اقتصادياً جيداً.

نوعية المياه الرمادية تختلف وتتنوع حسب المجتمع، كما أن نوعية المياه الرمادية تختلف من يوم إلى آخر في المنزل الواحد حسب نشاطات أفراد ذلك المنزل. فمعظم المياه الرمادية تتكون من الصابون والشامبو ومعجون الأسنان وكريم الحلاقة بالإضافة إلى المنظفات التي تُستخدم في غسيل الملابس، كما أنها قد تحتوي على الشعر والدهون والأوساخ والمواد الكيميائية وقد تحتوي المياه الرمادية على بول.

تُعتبر المنظفات التي تُستخدم في غسيل الملابس أهم ملوثات المياه الرمادية حيث أنها تحتوي على تركيز كبير من الصوديوم والفوسفات كما قد تحتوي المياه الرمادية على بكتيريا وفيروسات وطفيليات والتي قد تكون موجودة على الجسم والملابس قبل الاستحمام والغسيل.

يُقاس المحتوى المِكروبي للمياه الرمادية بوجود القولونيات المتحملة وهذه القولونيات هي كائنات مقاومة للحرارة (Thermotolerant Coliforms) حيث أن وجودها يعطي إشارة إلى إمكانية وجود ممرضات معوية مثل السالمونيلا.

يُستخدم عدد القولونيات المتحملة للحرارة كمؤشر لنوعية المياه الرمادية أي أنه كلما كان عدد القولونيات في المياه الرمادية كبيراً فإن هذا يعطي مؤشراً على خطورة المياه الرمادية وازدياد فرص الإصابة بالأمراض وخاصة لأولئك الذين لهم ارتباط وتماس مباشر مع المياه الرمادية، كما أنه حتى لو كان تركيز القولونيات المتحملة للحرارة منخفض في المياه الرمادية فإن هذا لا يعني أنها لا تحتوي على كائنات ممرضة فهي قد تحتوي على بكتيريا وفيروسات وديدان.

المحتوى الكيميائي[162]

تحتوي المياه الرمادية على كثير من العناصر الغذائية وخصوصاً النيتروجين والفوسفات، فحوالي 45 غم من النيتروجين و 3 غرام من الفوسفات قد تتواجد في 350 لتراً من المياه الرمادية.

عند استخدام المياه الرمادية لري الحدائق والأشجار يجب أن تُستغل هذه الكميات من العناصر بديلاً عن السماد الصناعي وهو ما يؤدي إلى تقليل التكلفة وتقليل التلوث البيئي. لا تكون المياه الرمادية كريهة الرائحة في حالة استخدامها مباشرة بدون تخزين لكن إذا تم جمعها في خزان وتخزينها لفترة من الزمن فسوف تستهلك

---

[162] مراجعة شاملة للآثار الصحية الناجمة عن إعادة استعمال المياه الرمادية، WHO،2003، ص 12

الأكسجين الموجود فيها وتتحول بالتكوّن (sludge) إلى بيئة لا هوائية مما يؤدي إلى تعفن المياه الرمادية ومن ثم تبدأ الحمأة والتي إما أن تترسب في قعر الخزان أو تطفو على السطح حسب الكثافة، لذلك فإن مفتاح النجاح في معالجة المياه الرمادية قائم على سرعة معالجة المياه وإعادة الاستخدام قبل الوصول إلى الحالة اللاهوائية وبالتالي فإن أفضل طرق المعالجة للمياه الرمادية هي الطرق التي تُعالج المياه الرمادية بدون تخزين وتستخدمها بشكل فوري بعد خروجها من المصدر مباشرة.

أسباب الحاجة لمعالجة المياه الرمادية

1. لإزالة المواد التي قد تؤذي صحة الإنسان.
2. لإزالة المواد التي قد تؤذي النبات والتربة.
3. لإزالة المواد التي قد تسبب ضرراً على البيئة (المياه الجوفية والسطحية).
4. لإزالة المواد التي قد تُعيق أو تسد نظام المياه الرمادية.

تتراوح طرق إعادة استخدام المياه الرمادية بين الطرق ذات الكلفة المتدنية مثل طرق المعالجة الأولية والتي تعمل على ترشيح وغربلة المياه الرمادية من القطع الصلبة الخشنة والكبيرة، والطرق الأكثر كلفة مثل أنظمة المُعالجة الثانوية التي تُعالج المياه الرمادية وتقتل البكتيريا الموجودة فيها بحيث تصل المياه الخارجة إلى معايير عالية تُمكّن من استخدامها بالرشاشات والتنقيط كما قد تمكن من استخدامها في بعض دورات المياه وغسيل السيارات.

اختيار نظام المياه الرمادية يعتمد على عدة عوامل وهي:

1. استعداد صاحب المنزل (أو الذي يملك النظام) لتشغيل وحماية النظام.
2. مصدر المياه الرمادية.

3. الهدف من إعادة استخدام المياه الرمادية (هل هي للري بالرشاشات أم الري تحت السطحي؟ أم هل ستُستخدم المياه الرمادية الناتجة في رحض دورات المياه وغسيل السيارات؟).

تقليل الآثار المحتملة من إعادة استخدام المياه الرمادية على الإنسان:[163]

1. يجب أن يكون الري تحت سطح التربة.
2. يتم تصميم نظام فصل وإعادة استعمال المياه الرمادية بحيث لا يكون هناك تماس مباشر مع الإنسان.
3. يجب أن تكون المياه الرمادية بعيدة عن أنظمة الصرف لمياه الأمطار بحيث يمنع دخول هذه المياه الرمادية إليها.
4. يجب أن لا تستخدم المياه الرمادية بطريقة تنتج تماساً مباشراً مع الخضروات والفاكهة.
5. يجب منع أي تكاثر للحشرات مثل البعوض والذباب في أي جزء من النظام.
6. يجب عدم السماح للمياه الرمادية أن تشكل بركاً (مستنقعات) على سطح الأرض وعدم السماح بالجريان.
7. في حالة استخدام المياه الرمادية في غسيل السيارات وتنظيف دورات المياه يجب معالجة المياه الرمادية بطرق متقدمة مثل المعالجة الثانوية بيولوجياً ووحدة تطهير لقتل البكتيريا وغيرها.
8. يجب وضع لافتات (إعلانات) في المنطقة التي تستخدم فيها المياه الرمادية.
9. يجب أن يمنع تخزين المياه الرمادية بدون أن تستخدم وحدة تطهير في معالجة المياه الرمادية في حالة تأخر استعمالها أكثر من 24 ساعة.

---

[163] عبد الزاهري، فوائد استعمال المياه الرمادية، http://samaalordon.net

10. يجب تجنب الري بالرشاشات إلا في حالة استخدام وحدة معالجة متقدمة.

تقليل الآثار المحتملة من إعادة استخدام المياه الرمادية على النبات:

1. يجب أن يتم فحص النباتات التي تروى بالمياه الرمادية بشكل دوري للتأكد من عدم وجود أعراض مرض.
2. يجب أن يعرف نوعية المياه الرمادية المستخدمة بالري من حيث المحتوى من العناصر الغذائية ويجب دراسة احتياجات النبات من هذه العناصر.
3. إذا ظهرت أعراض سلبية نتيجة استخدام المياه الرمادية فيجب وقف استخدام هذه المياه أو تخفض كميتها.
4. إذا ظهر أن النبات قد تضرر نتيجة استخدام هذه المياه فيجب غسل المنطقة المحيطة بالنباتات بماء عذب.
5. يجب الحذر عند استخدام المياه التي تحتوي علي المنظفات ويجب تجنب استخدام المنظفات التي تحتوي على بورون وكلور واستخدام المنظفات الرفيقة بالبيئة التي تكون فيها المواد الضارة قليلة.
6. تجنب استخدام المياه الرمادية بشكل مباشر على الأوراق والسيقان.
7. يجب إعادة استخدام المياه الرمادية لري النباتات الكبيرة والتي يكون نموها مكتملاً ويجب عدم سقاية (الأشتال) الصغيرة وذلك لحساسيتها للملوثات.

الآثار المحتملة على التربة نتيجة استخدام المياه الرمادية:

1. عن طريق زيادة ملوحة التربة نتيجة وجود املاح الكالسيوم والبوتاسيوم وخاصة في منظفات الغسيل.
2. عن طريق تقليل قدرة التربة على امتصاص الماء والاحتفاظ به نتيجة وجود الصوديوم فى المياه الرمادية.

محددات استعمال المياه الرمادية[164]

قد يكون هنالك عدداً من الأسباب من الممكن أن تمنعنا من إعادة استعمال المياه الرمادية، أو أن تمكننا من إعادة استعمالها خلال أوقات محددة من السنة.

وفيما يلي استعراض لهذه الأسباب:

1. عدم توفر الحيز أو صغره: في بعض الأماكن قد تكون المسافة بين البيوت متقاربة جداً أو قد تكون حديقة المنزل صغيرة جداً أو غير موجودة أصلاً.
2. صعوبة الوصول إلى أنابيب الصرف الصحي: في الحالات التي تكون فيها التمديدات الصحية موجودة تحت بلاطة خرسانية، قد يكون الوصول إلى هذه الأنابيب لفصل المياه الرمادية صعباً وغير مجدٍ اقتصادياً.
3. عدم ملائمة التربة: قد تعوق التربة ذات النفاذية العالية أو غير المنفذة من الاستفادة من إعادة المياه الرمادية أو قد تتطلب زراعتها استصلاحاً قد يكون مكلفاً.
4. عدم ملائمة المناخ: قد لا تكون المناطق الرطبة جداً مناسبة لإعادة استعمال المياه الرمادية للري لعدم توفر أولوية واهتمام من قِبل قاطني هذه المناطق، كما قد تعوق المناطق الباردة جداً التي تصل فيها درجة الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي من التمكن من إعادة استعمال المياه الرمادية بشكل مستمر طوال العام.
5. عدم كفاية المياه العادمة لإتمام التدفق في أنابيب الصرف الصحي: إذا تم إعادة استعمال كل المياه الرمادية، فمن الممكن أن يصبح التدفق في أنابيب الصرف الصحي أحياناً أقل من التدفق التي صممت عليه هذه الأنابيب وغير كافٍ لتنظيف الفضلات الصلبة في شبكة الصرف الصحي.

[164] استعمال المياه الرمادية المنزلية للري في الزراعة الحضرية، www.urbanagriculture-mena.org

6. النواحي القانونية والتشريعات: ما تزال النواحي القانونية والتشريعات المتعلقة بإعادة استعمال المياه الرمادية في مناطق كثيرة من العالم غير واضحة المعالم حتى في الدول المتقدمة. إلا أن هناك توجهاً عاماً لدى السلطات الرسمية لحو تقليل الارتياب الذي يحيط بإعادة استعمال المياه الرمادية، والذي يواكبه زيادة في الخبرات والتطوير والتحسين في أساليب وأنظمة إعادة استعمال المياه الرمادية.

7. النواحي الصحية: تعتبر النواحي المتعلقة بالصحة العامة السبب الرئيس للإبقاء على عدم قانونية إعادة استعمال المياه الرمادية في العديد من المناطق. إن الخطر على الصحة العامة الناجم من إعادة استعمال المياه الرمادية في الممارسات العملية ليس له أثر يذكر شريطة الالتزام بالأسلوب العلمي المتبع وأن يكون لدى المستفيد معرفة وخبرة كافية في كيفية التعامل مع المياه الرمادية، حيث لا توجد هنالك وثائق لغاية الآن تفيد بأن أناساً قد أصيبوا بالمرض بسبب المياه الرمادية رغم احتمال احتواء الأخيرة والتربة على بكتيريا ممرضة، وكانت التوصية: "عدم أكل القاذورات وحدها وعدم أكل تلك المخلوطة بالمياه الرمادية!!!".

8. عدم وجود جدوى اقتصادية: في بعض الأحيان، خاصة تلك التي تتطلب إجراءات قانونية معقدة وأنظمة فصل غالية الثمن لإعادة استعمال المياه الرمادية، التي تكون فيها التكلفة أكثر من الفائدة يتم الاستغناء عن فصل المياه الرمادية وإعادة استعمالها.

9. عدم الملائمة: العديد من أنظمة فصل المياه الرمادية الموجودة حالياً إما عالية التكاليف أو تتطلب جهداً ومتابعة حثيثة أكثر من الحفر الامتصاصية أو أنظمة الصرف الصحي التي تعمل بشكل اعتيادي. وتؤدي مثل هذه الأمور إلى عدم ملائمة فصل المياه الرمادية خاصة في حال عدم وجود

شخص في المنزل شبه متفرغ لمتابعة أمور الصيانة لنظام فصل ومعالجة المياه الرمادية، وهذه الحالة تكون شائعة على الأغلب في المدن حيث تكون ربة المنزل عاملة، وهذه أحد الأسباب لكون المناطق الريفية تكون في الغالب أكثر ملائمة لتركيب نظام فصل للمياه الرمادية منها في المدن. إلا أنه يمكن استعمال المياه الرمادية في الزراعة الحضرية بنجاح من خلال التركيز على المناطق الحضرية المحيطة بمركز المدينة (أطراف المدينة).

أنظمة المياه الرمادية[165]

أنظمة التحويل الأولية

يُستخدم في أنظمة التحويل الأولية مرشح بسيط (غربال) لإزالة الأجزاء الصلبة وإزالة بعض الزيوت والرغوة التي تكون في المياه الرمادية، هذه الأنظمة من أكثر أنظمة المياه الرمادية استخداما وشيوعا كونها مجدية اقتصاديا ولا تحتاج إلى تيار كهربائي أو مواد كيميائية حتى تعمل، كما أن صيانتها يمكن أن تتم بواسطة صاحب المنزل ومن أمثلتها: نظام التحويل بفعل الانسياب الطبيعي ونظام التحويل بواسطة مضخة.

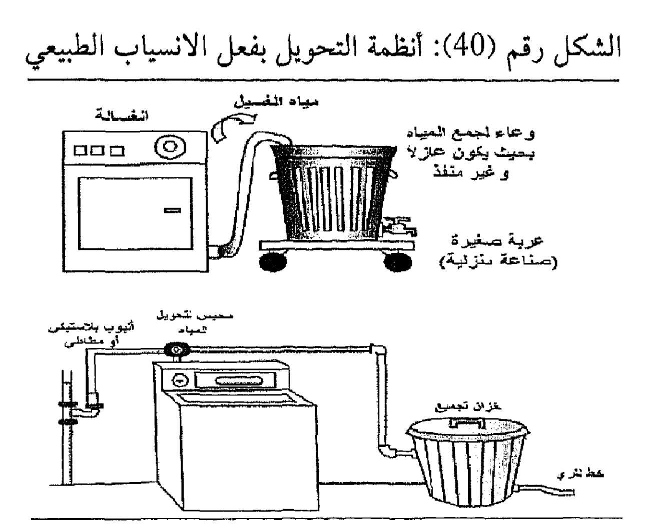
أنظمة التحويل بفعل الانسياب الطبيعي

يتكون هذا النظام من خزان (برميل) بحيث يسبقه محبس، ففتح المحبس يؤدي إلى تدفق المياه من المصدر ويتم إغلاقه عند أخذ الكمية المطلوبة من الماء. يستطيع صاحب المنزل تشغيل هذا النوع من الأنظمة بحيث يعمل على فتح المحبس مما يؤدي إلى تدفق الماء إلى الخزان بواسطة الانسياب الطبيعي ومن ثم إلى خط

[165] مراجعة شاملة للآثار الصحية الناجمة عن إعادة استعمال المياه الرمادية، WHO،2003، ص 14-17

التحويل ومنها إلى منطقة الري، ومن المهم أن لا تخزن المياه الرمادية في مثل هذا النوع من الأنظمة.

الشكل رقم (40): أنظمة التحويل بفعل الانسياب الطبيعي



نظام التحويل بواسطة مضخة

يعمل هذا النوع من الأنظمة على إعادة استخدام المياه الرمادية مباشرة في ري الحدائق لجمع كميات المياه (surge tank) ونباتات الزينة. ويتكون هذا النظام من خزان تجميع الرمادية المتدفقة من المصادر المختلفة ثم توزيعها بواسطة المضخة إلى منطقة الاستخدام. أما الخزان الذي يُستخدم في هذا النظام فهو لا يعمل عمل خزان التخزين بل هو فقط لمنع تدفق كميات كبيرة من المياه إلى منطقة الاستخدام بصورة مفاجئة. وفي هذا النوع من الأنظمة يجب أن تُصفّى المياه من الشوائب والعوالق الكبيرة بواسطة مرشحات قبل دخولها إلى خزان الجمع ومن ثم تُضخ مباشرة بواسطة المضخة إلى منطقة الاستخدام.

أنظمة المعالجة الثانوية

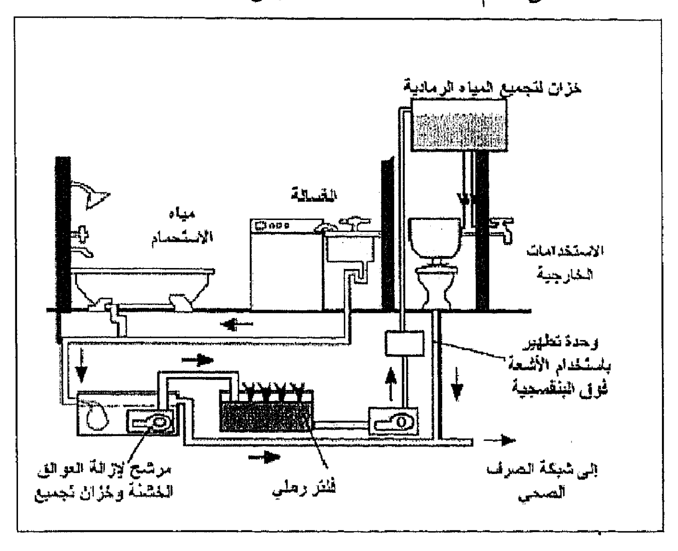
تعمل أنظمة المعالجة الثانوية على إزالة كميات من المواد الصلبة والعوالق التي تكون في المياه الرمادية والتي لم تُزال في نظام المعالجة الأولية. وبالإضافة إلى ذلك فإن هذا النظام يعمل على إزالة كميات من المواد العضوية. يمكن استخدام المياه الرمادية المعالجة بهذا النوع من الأنظمة في طرق الري السطحي (Flood) والغمر (Drip) المختلفة مثل التنقيط.

إن هذه الأنظمة بشكل عام أكثر كلفة لأنها تحتاج إلى كلفة إنشائية وكلفة صيانة أيضاً، لكن هذه الأنظمة تُعطي المستخدم قدرة على استخدام المياه الرمادية المُعالجة في استخدامات أوسع كما تقلل من المخاطر الصحية المرتبطة بلمس المياه الرمادية.

التطهير

الهدف من وحدة تطهير المياه هو وقف نشاط الكائنات المُمرضة في المياه الرمادية فهذه الوحدة تُعطي صاحب المنزل أو المُستخدم فرصة لاستخدام المياه الرمادية المعالجة في استخدامات متنوعة وواسعة مثل بعض دورات المياه وغسيل السيارات، يوجد عدة طرق لتطهير المياه منها: الكلورة أو الأوزون أو استخدام الأشعة فوق البنفسجية (UV – Ultra Violet).

الشكل رقم (41): أنظمة التحويل بوساطة المضخة



الجدول رقم (12): نوعية الدفيق الخارج اعتماداً على درجة المعالجة

المقياس	نوعية دفيق المعالجة الأولية	نوعية دفيق المعالجة الثانوية	نوعية الدفيق بعد وحدة التطهير
الطلب الكيميائي الحيوي على الأكسجين (BOD_5)	120 – 240 ملغم/ لتر	20 ملغم / لتر	10 لكل 100 مللتر
إجمالي المواد الصلبة	56 – 180 ملغم / لتر	30 ملغم / لتر	10 لكل 100 مللتر
القولونيات المتحملة للحرارة	غير مطبقة	200 ملغم / لتر	10 لكل 100 مللتر

استعمال المياه الرمادية في الأردن

إعادة الاستخدام قليل التكلفة في القرى[166]

لقد تم التعرف على عدّة أمثلة بسيطة لإعادة استخدام المياه الرمادية في منازل قروية في الريف الأردني. ويتم في هذه المنازل صبّ المياه الخارجة من حوض المطبخ، وفي بعض الأحيان من أحواض أخرى، مباشرة على التربة في الحديقة. ولا يتم في الغالب تصفية هذه المياه قبل استخدامها، أو ربما تخضع لدرجة محدودة من التصفية. كذلك فإن المياه الرمادية هذه لا تخضع لأي نوع آخر من المعالجة قبل استخدامها. إن هذه الأمثلة البسيطة وقليلة التكلفة تدل على أن لدى هؤلاء المستخدمين حاجة لمصدر مياه إضافي وأيضًا على سهولة تطوير تطبيقات بسيطة لإعادة استخدام المياه الرمادية وسهولة صيانة مثل هذه التطبيقات.

وتكمن ميزات مثل هذه الأنظمة في تكلفتها القليلة التي لا تزيد غالبًا إلا قليلاً على تكلفة تركيب ماسورة إضافية، وفي سهولة استخدامها. فهي لا تحتاج إلا إلى القليل من الصيانة، وأحيانًا قد لا تحتاج إلى أي نوع من الصيانة، كما يكون للمستخدم سيطرة كاملة على النظام في جميع الأوقات. وهناك أيضًا ميزة أخرى لهذه الأنظمة قد تكون الحافز الرئيسي لإعادة استخدام المياه الرمادية لدى محدودي الدخل في القرى، وهي تقليل الحاجة لضخ المياه العادمة من الحفرة الامتصاصية وينتج عن ذلك توفير مالي ملحوظ لصاحب المترل على مدار السنة.

ومع ذلك فإن لهذه الأنظمة البسيطة بعض المساوئ أيضًا. فبما أنها لا تتضمن معالجة للمياه الرمادية، فمن الضروري أن يراعي صاحب المترل عدم التخلص من المواد الضارة للنباتات، مثل المبيّضات وغيرها من مواد التنظيف القوية، في نظام المياه الرمادية. كذلك، فإن عدم تصفية المياه الرمادية، إلا من خلال مرورها بالمصفاة ذات الثقوب الكبيرة نسبيًا التي تكون في الغالب موجودة في مصرف

---

[166] إعادة استخدام المياه الرمادية في الأردن، مركز دراسات البيئة المبنية، 2003، ص 5-6

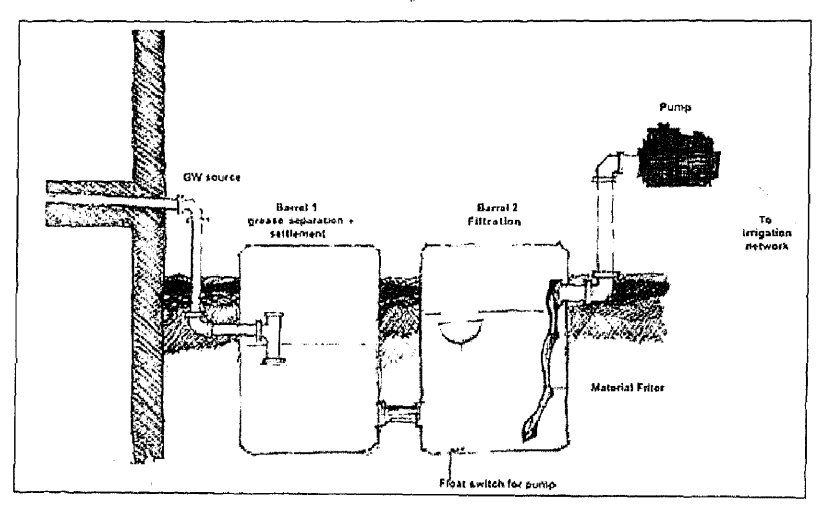
الحوض، سوف يسمح لمواد عضوية كثيرة وخاصة تلك الخارجة من حوض المطبخ بالدخول إلى نظام المياه الرمادية. وقد تبيَّن بالفعل أن عددًا من المواقع التي يتم فيها استخدام المياه الرمادية الناتجة عن استعمالات كهذه في الري تحتوي مسطحاتها المروية بهذه المياه على مكوِّنات عضوية ناتجة عن

فضلات الطعام. وهناك احتمال أن تنجم أخطار صحية عن وجود المكونات العضوية في المياه الرمادية، بالرغم من أن هذا الخطر ضئيل لأن البكتيريا تموت بسرعة في التربة السليمة ولأن فضلات المترل تستخدم عامة ضمن حدود المنزل الذي أنتجها.

تقوم مؤسسة الشبكة الإسلامية لتنمية وإدارة مصادر المياه Care International منذ أكثر من عقد من الزمان، بتوزيع وحدات خاصة بإعادة استخدام المياه الرمادية وتركيبها في قرى الريف الأردني. وتتكون هذه الوحدات من مواسير لتجميع المياه الرمادية من المترل، وبراميل بلاستيكية لمعالجة هذه المياه، ومضخة أتوماتيكية تنقل المياه الرمادية إلى نظام الري، ومواسير ومحابس للري.

وتحتوي بعض هذه الوحدات على خزانين (أو برميلين) للمعالجة يتم فيهما فصل الشحوم والتصفية. بينما تحتوي وحدات أخرى على أربعة خزانات وتشتمل المعالجة فيها على عملية الهضم اللاهوائي.

الشكل رقم (42): النظام المستخدم من قبل الشبكة الإسلامية لتمية وإدارة مصادر المياه



في النظام المكوّن من برميلين، يتم اعتراض المياه الرمادية عند مخرج تصريف مناسب في جانب المنزل، ثم تصرَّف هذه المياه بتأثير الجاذبية الأرضية لتصب في البرميل الأول حيث يتم ترسيب المواد الصلبة العالقة فيها وتفصل الشحوم والدهون عنها. وتخرج المياه الرمادية الأقل اتساخًا من البرميل الأول لتمر بعد ذلك عبر مصفاة من الشبك النسيجي إلى البرميل الثاني حيث يتم ضخها إلى شبكة الري. وقد زوِّد البرميلان بغطائين محكمين مما يحدّ من انبعاث الروائح الكريهة. ويقوم مجس عائم بتشغيل مضخة المياه الرمادية بمجرّد أن يصل منسوبها إلى حدّ معين. أمّا في النظام المكوّن من أربعة براميل، فيحتوي البرميلان الإضافيان على وسط من الحصى تمر عبره المياه الرمادية نحو الأعلى حيث تخضع لعملية هضم لاهوائي. وهكذا تكون نوعية المياه الرمادية الخارجة من النظام ذي الأربعة براميل أفضل من تلك الخارجة من النظام ذي البرميلين.

وتكمن فائدة النظام ذي البرميلين في قدرته على إزالة الشحوم والمواد الصلبة العالقة، بما في ذلك المواد العضوية، من المياه الرمادية. وتبقى الشحوم والمواد الصلبة المزالة من المياه الرمادية في البرميل إلى أن يتم التخلص منها يدويًا حين الصيانة الدورية لهذا النظام. ويسمح النظام ذو الأربعة براميل بالمعالجة اللاهوائية للمياه الرمادية. وتعتبر الحاجة إلى هذا النوع من المعالجة موضع تساؤل، لا سيّما أن المياه الرمادية المعالجة سوف تستخدم لري نباتات تنمو في التربة. ولا تتوفر حتى الآن أي نتائج عن مدى كفاءة هذه المرحلة من معالجة المياه الرمادية.

المطر الصناعي

مفهوم الاستمطار: هو محاولة إسقاط الأمطار من السحب الموجودة في السماء، سواء ما كان منها مدراً للأمطار بشكل طبيعي، أم لم يكن كذلك.

ويمكن أن ندرج تحت هذا المفهوم أية عملية تهدف إلى إسقاط الأمطار بشكل صناعي، بما في ذلك محاولات تشكيل السحب صناعياً، وتنمية مكوناتها.

ويقصد من الاستمطار أحد أمرين:

- تسريع هطول الأمطار من سحب معينة، فوق مناطق بحاجة إليها، بدلاً من ذهابها إلى مناطق لا حاجة بها إلى الماء، لظروفها الطبيعية الملائمة للإدرار الطبيعي.
- زيادة إدرار السحابة عما يمكن أن تدره بشكل طبيعي.[167]

يحتاج المطر الصناعي إلى جهود مميزة لمعرفة العوامل الجوية الآنية قبل الشروع في حقن هذه الحبيبات، مثل:[168]

1. معرفة ارتفاع الغيوم.
2. درجة حرارتها.

---

[167] عبدالله السحيباني، استمطار السحاب، ص 3-4

[168] فوزي عواد، هندسة الري والضرف، جامعة الملك سعود، ص 10

3. كثافتها
4. تركيز الماء فيها.
5. نسبة حبيبات التكاثف الطبيعية الموجودة فيها وكيفية توزيعها.
6. سرعة الرياح الصاعدة وتوزيعها واتجاهها.

وأما الطرق العلمية للاستمطار، فمن أكثر طرق استمطار السحب شيوعاً ما يلي:

1. رش السحب الركامية المحملة ببخار الماء الكثيف، بواسطة الطائرات، برذاذ الماء ؛ ليعمل على زيادة تشبع الهواء، وسرعة تكثف بخار الماء، لإسقاط المطر، وهذه طريقة تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء.
2. قذف بلورات من الثلج الجاف (ثاني أكسيد الكربون المتجمد)، بواسطة الطائرات في منطقة فوق السحب؛ لتؤدي إلى خفض درجة حرارة الهواء، وتكون بلورات من الجليد عند درجة حرارة منخفضة جداً، لتعمل على إلتحام قطرات الماء الموجودة في السحب وسقوطها كما في حالة المطر الطبيعي.
3. رش مسحوق يوديد الفضة (AgI) بواسطة الطائرات، أو قذفه في تيارات هوائية صاعدة لمناطق وجود السحب، ويكون ذلك باستخدام أجهزة خاصة لنفث الهواء بقوة كافية إلى أعلى، ويعد يوديد الفضة من أجود نويات التكاثف الصلبة التي تعمل على تجميع جزيئات الماء، وإسقاطها أمطاراً غزيرة على الأرض. عادة يسقط المطر بواسطة تكتل بخار الماء على الذرات الصلبة الموجودة في الهواء مثل ذرات الغبار فتثقل هذه الذرات وتسقط على شكل أمطار، بالطبع بوجود عوامل أخرى مناسبة. حاولوا تقليد هذه الطريقة بواسطة رش ملح يدعى يوديد الفضة AgI. يوجد لهذا الملح مقدرة لتجميع بخار الماء وتكوين قطرات ثقيلة تسقط على شكل أمطار. إحدى سيئات هذه الطريقة أنه يجب أن تتوفر الغيوم لحدوثها

وأيضًا ممكن أن تسقط في أماكن غير مرغوب فيها بسبب الرياح الشديدة. التكاليف الاقتصادية لهذه الطريقة منخفضة نسبيًا ولكنها تزودنا بكمية قليلة من الماء.

نظرًا للحاجة الماسة إلى بدائل للمياه الجوفية المحدودة لأغراض الشرب في المدن، شهدت دول الخليج العربي تطورًا كبيرًا في استعمال تقنية تحلية مياه البحر، حتى أصبحت مصدرًا هامًا يعول عليه لتلبية الاحتياجات السكانية وبكميات كبيرة، حيث بلغت نسبة المياه المحلاة (نسبة إلى إجمالي المياه المستخدمة) في الكويت 55٪، و 38٪ في قطر و 31٪ في البحرين، و 27٪ في الإمارات العربية المتحدة، و 8٪ في المملكة العربية السعودية. وتقدر الطاقة الكلية لمياه التحلية في الوطن العربي بما يقارب 11.5 مليون متر مكعب في اليوم أي ما يعادل 60٪ من الطاقة الإنتاجية للمياه المحلاة في العالم. وتحتل المملكة المركز الأول بين دول العالم في إنتاج المياه المحلاة، حيث تنتج المملكة وحدها نحو 30٪ من مياه التحلية في العالم. ويبلغ حجم الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية في المملكة 2.168 مليون متر مكعب يوميًا تنتج من خلال 25 محطة تحلية. وتمثل المياه المحلاة 45٪ من مياه الشرب على مستوى المملكة. وتعد تكلفة تحلية المياه عالية فهي تتراوح بين ما يقارب 5 ريالات للمتر المكعب الواحد للمحطات الصغيرة نسبيًا (20000 متر مكعب في اليوم)، إلى 1.7 ريال للمتر المكعب للمحطات الكبيرة التي تنتج أكثر من 100000 متر مكعب في اليوم. ومياه البحر المحلاة رغم أهميتها في سد النقص في الموارد المائية وتنامي استخدامها إلا أنه من المستبعد استخدامها للأغراض الزراعية بسبب تكاليفها العالية.

المراجع

- مصطفى عبد العزيز، الإنسان والبيئة،القاهرة، المطبعة الحديثة، 1978.
- الحمد، صباريني، م.س.، 1979.
- محمد عبد الفتاح القصاص، قضايا البيئة المعاصرة، العلوم الحديثة، العدد 1، السنة 1983،16
- خليفة، المجتمع صانع التلوث، قضايا بيئية، العدد 12، الكويت، جمعية حماية البيئة الكويتية، 1983.
- اللجنة العالمية للبيئة والتنمية 1987.
- زين الدين عبدالمقصود، الجودة البيئية ISO 14000، المعهد العربي للتخطيط، الكويت، 2000.
- تقرير المدير التنفيذي، حسن الإدارة البيئية الدولية، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، 2001.
- مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، 2001.
- نجلاء فتحي، سياسات ترشيد الطاقة في جمهورية مصر العربية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الإدارة العامة، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة، أيار 2001.
- الصرن، رعد، نظم الإدارة البيئية والآيزو 14000، دار الرضا، دمشق،2001.
- الإدارة المستدامة للمياه الجوفية، المذكرة صفر، 2002-2006، water.worldbank.org
- مراجعة شاملة للآثار الصحية الناجمة عن إعادة استعمال المياه الرمادية، WHO،2003.
- تكنولوجيات معالجة المياه العادمة، الأمم المتحدة، 2003.

- فوزي عواد، هندسة الري والصرف، جامعة الملك سعود، 1424 هـ.
- أ.د. راتب السعود، الإنسان والبيئة (دراسة في التربية البيئية)، دار الحامد، عمان، 2004.
- إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة، WHO، 2004.
- عبد الحيم علام،مقدمة في نظم الإدارة البيئية، المنظمة العربية للتنمية الإدارية، 2005.
- عادل عبدالرزاق، نظام الإدارة البيئية EMSوالمواصفة الدولية -ISO 14000وتطبيقهما في الوطن العربي،2005.
- د. المقدادي، أساسيات علم البيئة، الأكاديمية العربية المفتوحة في الدنمارك،2006.
- آل الشيخ، حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، 2006.
- نبيل قنديل، البيئة والتنمية المستدامة، مركز البحوث الزراعية، مصر، 2007.
- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، مراقبة البيئة والتلوث، طبعة 1429هـ.
- بدر،ع.، وهدان، ز.، 2008.
- خالد أبوعصبة، نظم إدارة البيئة وسلسلة الآيزو 14001 والاستفادة منها، 2008.
- أحمد نيمو، التلوث البيئي المفهوم والتعريف، شبكة عطر الإسلام، 2009.
- حسن الكوفي، ظاهرة الاحترار الكوني وعلاقتها بنشاطات الإنسان والكوارث الطبيعية، الأكاديمية العربية المفتوحة في الدنمارك،2009.

- خلف، محاسبة التلوث البيئي،الأكاديمية العربية في الدنمارك،2009.
- مخول وغانم، نظم الإدارة البيئية ودورها في التنمية المستدامة، 2009.
- عبدالله السحيباني، استمطار السحاب،2009.
- الرفاعي، حسن محمد، البعد البيئي: كسبب للفقر وعلاج، معهد العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، 1431هـ / 2010.
- تحلية المياه المالحة، مجلس التعاون لدول الخليج العربية الأمانة العامة، 2010.
- السيد البشرى محمدأحمد، الصراع على الموارد: أبعاده العالمية والإقليمية والمحلية، جامعة الخرطوم، 2010.
- محسن الخزندار، المياه والأمن القومي العربي، مركز سبأ للدراسات، اليمن، 2010.
- مفتاح سريح، تحلية المياه المالحة، جامعة ناصر الأممية، ليبيا، 2010.
- فاروق الباز، الاستشعار عن بعد لاستكشاف المياه الجوفية في العالم العربي، البيئة العربية: المياه، 2011.
- محمد المهنا، البيئة في الوطن العربي: الواقع والمؤمل، جامعة الملك عبد العزيز.
- العمود، الماء أعز مفقود وأرخص موجود: معلومات وأرقام، جامعة الملك سعود.
- Derbyshire, H, 2002. Gender Manual: Practical Guidelines for Development Policy Makers, DFID
- محمد، نظم الإدارة البيئية، مجلة أسيوط لدراسات البيئة، http://www.aun.edu.eg
- ساره عبدالله، نظام إدارة البيئة (EMS)، مجلة عالم الجودة، http://www.alamelgawda.com

- حيدر نعمة بخيت، المياه العربية:الواقع والتحديات، forum.moe.gov.om.
- أوضاع الأنظمة البيئية للمياه العذبة في البلدان العربية، البيئة العربية: المياه، الفصل الثالث، www.afedonline.org
- استراتيجية تدابير الموارد المائية في العالم الإسلامي، إيسيسكو، www.isesco.org.ma.
- المبادرة الإقليمية لإدارة الطلب على المياه، موجز سياسات رقم (1)، web.idrc.ca.
- حصاد المياه كوسيلة لتحسين استخدام وإدارة مياه الري في المناطق الجافة، www.yemen-nic.info.
- حامد عساف، البيئة العربية: المياه، الفصل (6) الإدارة المتكاملة لمصادر المياه، www.afedonline.org.
- المحافظة على الموارد المائية من التلوث، اليونسكو، www.un.org.ma.
- عبد الدائم كحيل، دورة الماء بين العلم والإيمان، www.kaheel7.com
- المياه في الوطن العربي، thiqaruni.org/general/77.doc
- موارد المياه العربية: جذور الأزمة وأبعادها، www.nodhoob.com
- الكردي، التنمية المستدامة لإدارة موارد المياه، kenanaonline.com
- أزمة في نقص المياه أم أزمة في إدارة المياه في الوطن العربي، http://green-studies.com
- الحصاد المائي، http://www.mowr.gov.iq:81
- حصاد المياه في السودان، http://www.dallawat.com
- حصاد المياه، http://www.icarda.org
- الحصاد المائي والري التكميلي، http://www.ncare.gov.jo

- أنظمة الحصاد المائي، jordan.usaid.gov
- يركات، رؤية مستقبلية لتعزيز استخدام تقانات حصاد المياه، http://www.agri-idleb.com
- عبد الزاهري، فوائد استعمال المياه الرمادية، http://samaalordon.net
- استعمال المياه الرمادية المنزلية للري في الزراعة الحضرية، www.urbanagriculture-mena.org
- مياه الصرف الصحي وطرق معالجتها، http://www.tkne.net
- معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها، www.msrintranet.capmas.gov.eg
- الوصول إلى مصادر المياه غير التقليدية في الزراعة الحضرية، http://www.urbanagriculture-mena.org
- تحلية المياه المالحة، www.faculty.ksu.edu.sa
- طرق تحلية المياه المالحة، imad1990.jeeran.com/
- طرق تحلية المياه المالحة، http://www.khayma.com
- إدارة الطلب على المياه، www.idrc.ca/wadimena
- http://ar.wikipedia.org/wik
- www.olom.info
- www.marefa.org
- www.aleajaz.org
- www.zahra-water.com
- http://www.khayma.com/faid/water.htm
- Steve Graham, Claire Parkinson, and Mous Chahine, The water cycle, www.nasa.gov
- www.env-gro.com
- http://www.aljazeera.net

- http://www.nodhoob.com/index.php/water/815-problem-water
- http://makatoxicology.tripod.com/pollutions.htm
- www.afedonline.org
- www.fab-jo.org\doc.7\4.doc
- http://www.usaid.gov
- http://www.geography.i8.com
- http://www.ar.genderandwater.org
- http://www.khayma.com/madina/watersave.htm
- http://www.alkheeer.com
- http://www.fao.org/ag/ar/magazine/
- www.drinkinwater.org
- forum.kooora.com
- http://knol.google.com
- http://www.khayma.com/madina/m5-files/waste-t.htm
- www.env-gro.org
- waterco0.tripod.com
- dc177.4shared.com
- aalhameed1.net
- http://forum.arabsbook.com
- www.waterexperts.su


دار الراية للنشر والتوزيع
DAR AL RAYA For Publication & Distribution
عمان - الاردن TEL: 00962 6 5338656
E mail: dar_alraya@yahoo.com


دار الراية للنشر والتوزيع
DAR AL RAYA For Publication & Distribution
عمان - الاردن TEL: 00962 6 5338656
E mail: dar_alraya@yahoo.com

النظام المائي







دار الراية للنشر والتوزيع
DAR AL RAYA For Publication & Distribution
عمان - الأردن TEL : 00962 6 5338656
www.daralraya.jo